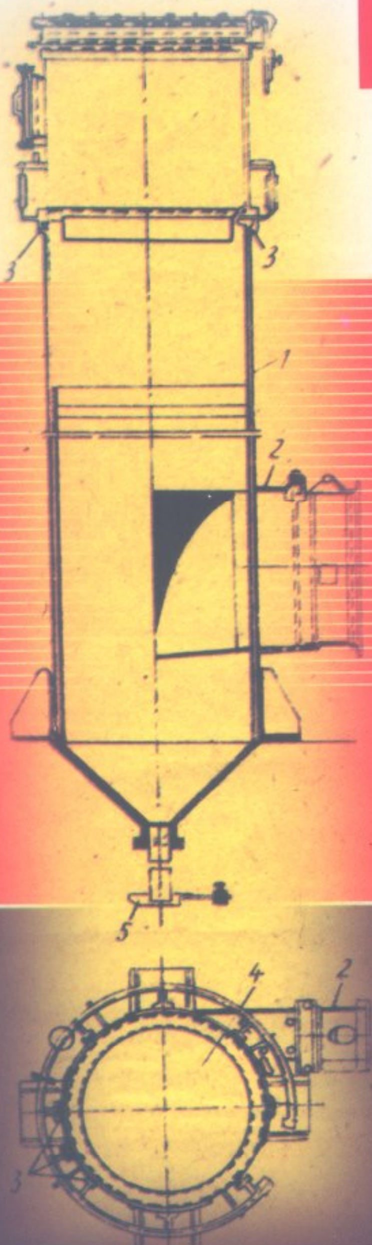
SỔ TAY QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHỆ HÓA CHẤT

TẬP 1



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Sổ tay
QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHỆ HÓA CHẤT

Cơ sở lý thuyết, phương pháp tính toán,
tra cứu số liệu và thiết bị

TẬP 1

(Sửa chữa và tái bản lần thứ hai)

Hiệu đính: TS Trần Xoa, TS Nguyễn Trọng Khuông, KS Hồ Lê Viên

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

Được phép của Bộ Giáo dục và Đào tạo, sách dùng làm tài liệu thiết kế cho cán bộ, kỹ sư trong các ngành công nghiệp hóa chất, thực phẩm và các ngành có liên quan.

Sách là tài liệu tham khảo, học tập cho cán bộ giảng dạy, sinh viên, học sinh, cán bộ phòng thí nghiệm của các ngành hóa, thực phẩm... trong các trường đại học và chuyên nghiệp

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn "Sổ tay quá trình và thiết bị công nghệ hóa chất" bao gồm hai tập. Tập 1 có các phần sau:

- Những tính chất hóa lý cơ bản của một số chất.

- Thủy động lực học và các quá trình thủy cơ.

Tập 2 có các phần sau:

- Các quá trình nhiệt.

- Các quá trình chuyển khối.

- Vật liệu chế tạo thiết bị và tính toán cơ khí.

Cuốn sách này được xuất bản lần đầu vào năm 1978, tái bản lần thứ nhất vào năm 1992.

Thời gian qua sách đã đáp ứng được một phần nhu cầu của bạn đọc trong công việc thiết kế và học tập. Từ đó đến nay chúng tôi đã nhận được nhiều ý kiến của bạn đọc góp ý về nội dung cần sửa chữa và bổ sung để cuốn sách phục vụ được tốt hơn. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn bạn đọc về những ý kiến đóng góp đó. Nay do sự phát triển của công nghiệp hóa chất, thực phẩm ngày càng mạnh, đặc biệt là trong việc nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu quả kinh tế, nhu cầu sách tham khảo về thiết kế chế tạo ngày càng tăng, chúng tôi tái bản lần thứ hai cuốn "Sổ tay quá trình và thiết bị công nghệ hóa chất". Trong lần tái bản này, ngoài việc sử chữa những sai sót do ấn loát, chúng tôi có sửa đổi và bổ sung một số nội dung trong các chương.

Cuốn sách này chắc chắn không khỏi có thiếu sót và chưa thỏa mãn mong muốn của bạn đọc. Chúng tôi chân thành cảm ơn sự phê bình góp ý của bạn đọc để lần tái bản sau được tốt hơn. Ý kiến xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, số 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội hoặc Bộ môn Quá trình và Thiết bị Công nghệ Hóa chất và Thực phẩm, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Các tác giả

Tham gia biên soạn :

GS, TSKH Nguyễn Bin

PGS, TS Đỗ Văn Đài

KS Long Thanh Hùng

TS Đinh Văn Huỳnh

PGS, TS Nguyễn Trọng Khuông

TS Phan Văn Thơm

TS Phạm Xuân Toản

TS Trần Xoa

PHẦN THỨ NHẤT

Chương I. NHỮNG TÍNH CHẤT LÝ HÓA CƠ BẢN CỦA MỘT SỐ CHẤT

§ 1. Khối lượng riêng và thể tích riêng

1. Khối lượng riêng của một vật là khối lượng của một đơn vị thể tích vật đó:

$$\rho = m/V, \text{ kg/m}^3, \tag{I.1}$$

trong đó m - khối lượng của vật, kg; V - thể tích của vật, m^3.

Khối lượng riêng của một vật được đo bằng các hệ đơn vị như sau:

hệ MKS: $[\rho]_{MKS} = (\text{kgl.s}^2)/\text{m}^4$

hệ CGS: $[\rho]_{CGS} = \text{g/cm}^3$.

Tương quan giữa các hệ đơn vị để tính khối lượng riêng:

$$1(\text{kg/m}^3) = 0{,}102(\text{kgl.s}^2)/\text{m}^4 = 10^{-3}\text{g/cm}^3;$$

trong đó chữ kgl chỉ đơn vị kilôgam lực.

2. Khối lượng riêng của hỗn hợp lỏng:

$$\frac{1}{\rho_{hh}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \dots; \tag{I.2}$$

trong đó $\rho_1, \rho_2 \dots$ - khối lượng riêng của các cấu tử trong hỗn hợp, kg/m^3; $x_1, x_2 \dots$ - nồng độ phần khối lượng của các cấu tử trong hỗn hợp.

3. Khối lượng riêng của một chất khí bất kỳ:

$$\rho = \rho_o \frac{T_o p}{T p_o} = \frac{M}{22{,}4} \cdot \frac{273.p}{T p_o}; \tag{I.3}$$

trong đó M - khối lượng mol của khí, kg/kmol; T - nhiệt độ tuyệt đối của khí, ^oK; $\rho_o = M/22{,}4$ - khối lượng riêng của khí ở điều kiện tiêu chuẩn (0°C và 760 mmHg), kg/m^3; p, p_o - áp suất của khí ở điều kiện làm việc và điều kiện tiêu chuẩn, đo bằng cùng một hệ đơn vị.

4. Khối lượng riêng của hỗn hợp khí:

$$\rho_{hh} = \nu_1 \rho_1 + \nu_2 \rho_2 + \dots; \tag{I.4}$$

trong đó $\nu_1, \nu_2 \dots$ - nồng độ phần thể tích của các cấu tử trong hỗn hợp; $\rho_1, \rho_2 \dots$ - khối lượng riêng của các cấu tử, kg/m^3.

5. Thể tích riêng của một chất là thể tích của một đơn vị khối lượng:

$$v = 1/\rho, \text{ m}^3/\text{kg}. \tag{I.5}$$

6. Khối lượng riêng tương đối là tỉ số giữa khối lượng riêng của một chất nào đó và khối lượng riêng của chất lấy làm tiêu chuẩn (thường chọn nước). Đây là một đại lượng không thứ nguyên:

$$d = \rho/\rho_n; \qquad (I.6)$$

trong đó ρ - khối lượng riêng của chất nào đó cần so sánh, kg/m^3; ρ_n - khối lượng riêng của nước, kg/m^3.

7. Khối lượng riêng của dung dịch. Trong nhiều bảng dưới đây khối lượng riêng của dung dịch cho dưới dạng khối lượng riêng tương đối của dung dịch đó so với nước và ký hiệu là d_t^t; trong đó chỉ số t viết ở trên chỉ rõ điều kiện nhiệt độ, tại đó đã xác định khối lượng riêng của dung dịch, còn chỉ số t ở phía dưới là nhiệt độ của nước.

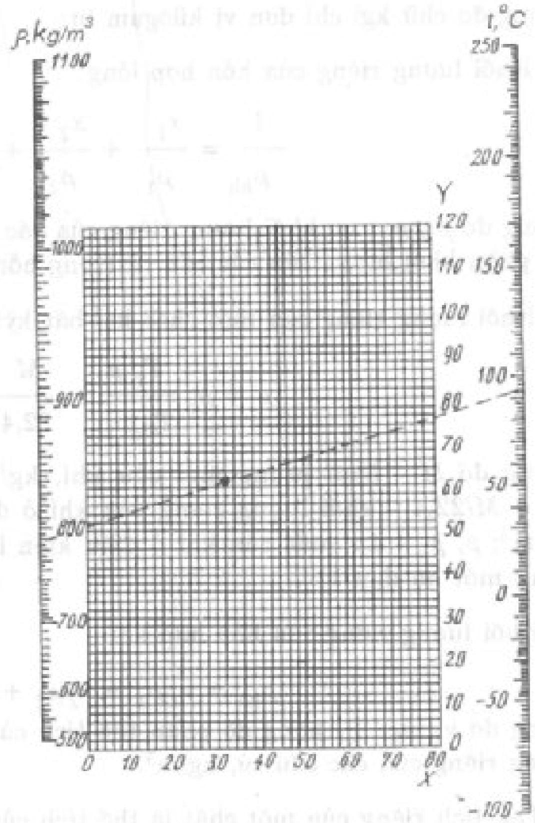
Ví dụ, d_4^t là khối lượng riêng tương đối của dung dịch ở nhiệt độ t so với khối lượng riêng của nước ở 4°C. Vì khối lượng riêng của nước ở 4°C là d_{H_2O}= 0,999973 g/cm^3 = 1,000000 g/ml nên d_4^t về trị số bằng khối lượng riêng của dung dịch tính bằng g/ml và với độ chính xác cao cũng bằng khối lượng riêng của dung dịch tính bằng g/cm^3.

Trong các bảng dưới đây nồng độ của dung dịch được biểu diễn bằng một trong những hệ đơn vị sau đây: phần trăm khối lượng x-%; g/l; g/100g.

Khối lượng riêng của dung dịch được biểu diễn bởi những hệ đơn vị sau: kg/m^3; d' - g/l; d - g/cm^3.

Cách dùng. Vạch một đường thẳng đi qua điểm có tọa độ X và Y của chất lỏng cần xác định khối lượng riêng (tọa độ này xem trong bảng trang 7) và điểm trên thang nhiệt độ ứng với nhiệt độ đã cho. Đường thẳng này cắt thang chia khối lượng riêng tại điểm có giá trị cần tìm.

Toán đồ này được xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



Hình I.1. Toán đồ để xác định khối lượng riêng của một số chất lỏng trên đường bão hòa [49.14]

Chất lỏng	Tọa độ các điểm trên toán đồ		Chất lỏng	Tọa độ các điểm trên toán đồ	
	X	*Y*		*X*	*Y*
Amoniac	22,4	24,6	Hexandecan	15,8	45
Anilin	33,5	92,5	Izobutan	13,7	16,5
Axetilen	20,8	10,1	Izopentan	13,5	22,5
Axeton	26,1	47,8	Metyl axetat	40,1	70,3
Axetonitril	21,8	44,9	Metyl butirat	31,5	65,5
Axit axetic	40,6	93,5	Metyl clorua	52,3	62,9
Axit butiric	31,3	78,7	Metyl fomiat	46,4	74,6
Benzen	32,7	63,0	Metyl propionat	36,5	68,3
Cacbon dioxit	78,6	45,4	Metyl sunfua	31,9	57,4
Clobenzen	41,7	105,0	Nonadecan	14,9	47
Đecan	16,0	38,2	Nonan	16,2	36,5
Đietyl amin	17,8	33,5	Octadecan	16,2	46,5
Đodecan	14,3	41,4	Octan	12,7	32,5
Etan	10,8	4,4	Pentadecan	15,8	44,2
Ete dietylic	22,6	35,8	Pentan	12,6	22,6
Ete dimetylic	27,2	30,1	Phopho hidrua	28,0	22,1
Ete etylpropylic	20	37	Piperidin	27,5	60,0
Ete metyletylic	25,0	34,4	Propan	14,2	12,2
Etilen	17	3,5	Propyl axetat	33	65,5
Etyl axetat	35	65	Propionitrin	20,1	44,6
Etyl clorua	42,7	62,4	Propyl fomiat	33,8	66,7
Etyl fomiat	37,6	68,4	Rượu etylic	24,2	48,6
Etyl propionat	32,1	63,9	Rượu izoamilic	20,5	52
Etyl sunfua	25,7	55,3	Rượu metylic	25,8	49,1
Fenol	35,7	103,8	Rượu propilic	23,8	50,8
Fenyl florua C_6H_5F	41,9	86,7	Tetradecan	15,8	43,3
Heptan	12,6	29,8	Tridecan	15,3	42,4
Heptandecan	15,6	45,7	Trietyl amin	17,9	37
Hexan	13,5	27	Xiclohexan	19,6	44

Bảng I.1. **Khối lượng riêng của một số vật liệu rắn [28.550]**

Tên chất rắn	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Khối lượng riêng xốp ρ_x, kg/m³	Tên chất rắn	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Khối lượng riêng xốp ρ_x, kg/m³
Amiăng	2600	600	Lie (bần)	240	-
Antraxit (than gầy)	1600	-	Magiê bột 80%	-	216
Apatit	3190	1850	Mùn cưa gỗ	-	230
Bêtông	2300	-	Men	2350	-
Bêtông xỉ	-	1500	Muối mỏ	2350	1020
Bông thủy tinh	-	200	Parafin	900	-
Bồ tạt (kali cacbonat)	2260	-	Paronit	1200	-
Caolin	2200	-	Phấn cục	2200	1300
Caosu	930	-	Photphorit	-	1600
Caosu đã lưu hóa	1500	-	Quặng pirit	5000	3300
Chất dẻo vinyl	1380*	-	Thạch anh	2650	1500
Chất dẻo xốp	-	30	Thạch cao tinh thể	2240	1300
Cát khô	1500	1200	Than cốc	1300	500
Da khô	860	-	Than củi	1450	200
Đá hoa cẩm thạch	2600	-	Than đá	1350	800
Đá tinh thể	3000	-	Thủy tinh	2500	-
Đá vôi	2650	1800	Tro	2200	680
Đất khô	1800	1300	Vôi vữa	1600	-
Đất sét khô	-	1380	Xi măng	2350	-
Gạch thường	1700	-	Xỉ	-	900-1300
Gạch chịu lửa:			Xođa tinh thể (natri		
dinat	1900	-	cacbonat)	1450	800
magiêzit	2900	-	Chì	11400	-
samôt	1900	-	Đồng dát	8800	-
Gỗ thông	500	600	Gang xám	7250	-
Gốm chịu axit	2600	-	Nhôm	2700	-
Granit (đá hoa cương)	2700	-	Thau	8500	-
Faolit	1730	-	Thép	7850	-

Bảng I.2. **Khối lượng riêng của một số chất lỏng và dung dịch (với nước) thay đổi theo nhiệt độ [32.804]**

Chất	Khối lượng riêng ρ, kg/m³							
	-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Amoniac lỏng	665	639	610	580	545	510	462	390
Amoniac nước 25%	-	918	907	897	887	876	866	856
Anilin	-	1039	1022	1004	987	969	952	933
Axeton	835	813	791	768	746	719	693	665
Axit axetic 100%	-	1072	1048	1027	1004	981	958	922
" 50%	-	1074	1058	1042	1026	1010	994	978
Axit clohidric 30%	1173	1161	1149	1138	1126	1115	1103	1090
Axit nitric 100%	1582	1547	1513	1478	1443	1408	1373	1338
" 50%	-	1334	1310	1287	1263	1238	1212	1186
Axit fomic	-	1244	1220	1195	1171	1147	1121	1096
Axit sunfuric 98%	-	1857	1837	1817	1798	1779	1761	1742
" 92%	1866	1845	1824	1803	1783	1765	1744	1723
" 75%	1709	1689	1669	1650	1632	1614	1597	1580
" 60%	1532	1515	1498	1482	1466	1450	1434	1418
Benzen	-	900	879	858	836	815	793	769
Cacbon disunfua CS_2	1323	1293	1263	1233	1200	1165	1125	1082
Cacbon tetraclorua	1670	1633	1594	1556	1517	1471	1434	1390
Canxi clorua 25%	1248	1239	1230	1220	1210	1200	1190	1180
Clobenzen	1150	1128	1107	1085	1065	1041	1021	995
Clorofom	1563	1526	1489	1450	1411	1380	1326	1280
Đicloetan	1310	1282	1254	1224	1194	1163	1133	1102
Ete etylic	758	736	714	689	666	640	611	576
Etyl axetat	947	924	901	876	851	825	797	768
Glixerin 50%	-	1136	1126	1116	1106	1006	966	986
Fenol	-	-	1075	1058	1040	1022	1003	987
Hexan	693	677	660	641	622	602	581	559
Lưu huỳnh đioxit lỏng SO_2	1484	1434	1383	1327	1264	1193	1111	1010
Natri clorua 20%	-	1157	1148	1139	1130	1120	1110	1100
Nitrobenzen	-	1223	1203	1183	1163	1143	1123	1103
Nước	-	1000	998	992	983	972	958	943
Oleum	-	1922	1896	1870	1844	1818	1792	1766
Octan	734	718	702	686	669	653	635	617
Rượu butylic	838	824	810	795	781	766	751	735
Rượu etylic 100%	823	806	789	772	754	735	716	693
" 80%	-	857	843	828	813	797	783	768
" 60%	-	904	891	878	864	849	835	820
" 40%	-	947	935	923	910	897	885	872
" 20%	-	977	969	957	946	934	922	910
Rượu izopropylic	817	801	785	768	752	735	718	700
Rượu metylic 100%	828	810	792	774	756	736	714	690
" 40%	-	946	935	924	913	902	891	880
Toluen	902	884	866	847	828	808	788	766
Xút ăn da (dung dịch) 50%	-	1540	1525	1511	1497	1483	1469	1454
" 40%	-	1443	1430	1416	1403	1389	1375	1360
" 30%	-	1340	1328	1316	1303	1289	1276	1261
" 20%	-	1230	1219	1208	1196	1183	1170	1155
" 10%	-	1117	1109	1100	1089	1077	1064	1049

Bảng I.3. **Khối lượng riêng của một số chất lỏng ở $-20^{0}C$ [28.551]**

Chất lỏng	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Chất lỏng	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3
Dầu hỏa	850	Etilen clorua	1280
Dầu mazut	890 - 950	Fenol (nóng chảy)	1060
Dầu mỏ	790 - 950	Naftalen (nóng chảy)	1100
Dầu xăng	760	Rượu butylic	810
Glixerin 100%	1270	Toluen	870
" 80%	1130	Xilol	880

Bảng I.4. **Khối lượng riêng của nước không chứa không khí ở $0 - 41^{0}C$, 760 mm Hg (kg/l) [30.31]**

Nhiệt độ, °C	Phần mười của độ										Gia số trung bình
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0,9998681	8747	8812	8875	8936	8996	9053	9109	9163	9216	59
1	9267	9315	9363	9408	9452	9494	9534	9573	9610	9645	41
2	9679	9711	9741	9769	9796	9821	9844	9866	9887	9905	24
3	9922	9937	9951	9962	9973	9981	9988	9994	9998	0000	8
4	1,0000000	9999	9996	9992	9986	9979	9970	9960	9947	9934	- 8
5	0,9999919	9902	9884	9864	9842	9819	9795	9769	9742	9713	- 24
6	9682	9650	9617	9582	9545	9507	9468	9427	9385	9341	- 39
7	9296	9249	9201	9151	9100	9048	8994	8938	8881	8823	- 53
8	8764	8903	8641	8577	8512	8445	8377	8308	8237	8165	- 67
9	8091	8017	7940	7863	7754	7704	7622	7539	7455	7369	- 81
10	7282	7194	7105	7014	6921	6826	6729	6632	6533	6432	- 95
11	6331	6228	6124	6020	5913	5805	5696	5586	5474	5362	- 100
12	5248	5132	5016	4898	4780	4660	4538	4415	4291	4166	- 121
13	4040	3912	3784	3654	3523	3391	3257	3122	2986	2850	- 133
14	2712	2572	2431	2289	2147	2003	1858	1711	1564	1416	- 145
15	1266	1114	0962	0809	0655	0499	0343	0185	0026	9865	- 156
16	0,9989705	9542	9378	9214	9048	8881	8713	8544	8373	8202	- 168
17	8029	7856	7681	7505	7328	7150	6971	6791	6610	6427	- 178
18	6244	6058	5873	5686	5498	5309	5119	4227	4735	4541	- 190
19	4347	4152	3955	3757	3558	3358	3158	2955	2752	2549	- 200
20	2343	2137	1930	1722	1511	1301	1090	0878	0663	0449	- 211

Tiếp bảng I.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	0233	0016	9799	9580	9359	9139	8917	8694	8470	8245	−221
22	9,9978019	7792	7564	7335	7104	6873	6641	6408	6173	5938	−232
23	5702	5466	5227	4988	4747	4506	4264	4021	3777	3531	−242
24	3286	3039	2790	2541	2291	2040	1788	1535	1280	1026	−252
25	0770	0513	0255	9997	9736	9476	9214	8951	8688	8423	−261
26	9,9968158	7892	7624	7356	7087	6817	6545	6273	6000	5726	−271
27	5451	5176	4898	4620	4342	4062	3782	3500	3218	2935	−280
28	2652	2366	2080	1793	1505	1217	0928	0637	0346	0053	−289
29	0,9959761	9466	9171	8876	8579	8282	7883	7684	7383	7083	−298
30	6780	6478	6174	5869	5564	5258	4950	4642	4334	4024	−307
31	3714	3401	3089	2776	2462	2147	1832	1515	1198	0880	−315
32	0561	0241	9920	9599	9276	8954	8630	8304	7979	7653	−324
33	0,9947325	6997	6668	6338	6007	5676	5345	5011	4678	4343	−332
34	4007	3671	3335	2997	2659	2318	1978	1638	1296	0953	−340
35	0610	0267	9922	9576	9230	8883	8534	8186	7837	7486	−347
36	0,9937136	6784	6432	6078	5725	5369	5014	4658	4301	3943	−355
37	3585	3226	2866	2505	2144	1782	1419	1055	0691	0326	−362
38	0,9929960	9593	9227	8859	8490	8120	7751	7380	7008	6636	−370
39	6263	5890	5516	5140	4765	4389	4011	3634	3255	2876	−377
40	2497	2116	1734	1352	0971	0587	0203	9818	9433	9047	−384
41	0,9918661										

***Bảng I.5.* Khối lượng riêng và thể tích riêng của nước ở nhiệt độ từ -10 đến 250°C [30.32]**

Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Thể tích riêng $v.10^6$ m³/kg	Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Thể tích riêng $v.10^6$ m³/kg	Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Thể tích riêng $v.10^6$ m³/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9
−10	998,15	1001,86	20	998,23	1000,77	50	988,07	1012,07
−9	998,43	1001,57	21	998,02	1001,98	51	987,62	1012,54
−8	998,69	1001,31	22	997,80	1002,20	52	987,15	1013,01
−7	998,92	1001,08	23	997,57	1002,44	53	986,69	1013,49
−6	999,12	1000,88	24	997,33	1002,68	54	986,21	1013,98
−5	999,30	1000,70	25	997,08	1002,93	55	985,73	1014,48
−4	999,45	1000,55	26	996,82	1003,20	60	983,24	1017,05
−3	999,58	1000,42	27	996,55	1003,47	65	980,59	1019,79
−2	999,70	1000,31	28	996,27	1003,75	70	977,81	1022,70
−1	999,79	1000,21	29	995,98	1004,04	75	974,89	1025,76

Tiếp bảng I.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	999,87	1000,13	30	995,68	1004,34	80	971,83	1028,99
1	999,93	1000,07	31	995,37	1004,65	85	968,65	1032,37
2	999,97	1000,03	32	995,06	1004,97	90	965,34	1035,90
3	999,99	1000,01	33	994,73	1005,30	95	961,92	1039,59
4	1000,00	1000,00	34	994,40	1005,63	100	958,38	1043,43
5	999,99	1000,01	35	994,06	1005,98	110	951,0	1051,5
6	999,97	1000,03	36	993,71	1006,33	120	943,4	1069,1
7	999,93	1000,07	37	993,36	1006,69	130	935,2	1069,3
8	999,88	1000,12	38	993,00	1007,06	140	926,4	1079,4
9	999,81	1000,19	39	992,63	1007,43	150	917,3	1090,2
10	999,73	1000,27	40	992,25	1007,82	160	907,5	1101,9
11	999,63	1000,37	41	991,87	1008,21	170	897,3	1114,5
12	999,52	1000,48	42	991,47	1008,61	180	886,6	1127,9
13	999,40	1000,60	43	991,07	1009,01	190	875,0	1142,9
14	999,27	1000,73	44	990,66	1009,43	200	862,8	1159,0
15	999,13	1000,87	45	990,25	1009,85	210	850	1177
16	998,97	1001,03	46	989,82	1010,28	220	837	1195
17	998,80	1001,20	47	989,40	1010,72	230	823	1215
18	998,62	1001,38	48	988,96	1011,16	240	809	1236
19	998,43	1001,57	49	988,52	1011,62	250	794	1259

Bảng I.6. **Khối lượng riêng và thể tích riêng của thủy ngân ở nhiệt độ từ − 10 đến 360°C [30.32]**

Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Thể tích riêng v.10⁶ m³/kg	Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Thể tích riêng v.10⁶ m³/kg	Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Thể tích riêng v.10⁶ m³/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9
−10	13619,8	73,4225	21	13543,4	73,8367	160	13209,0	75,7064
−9	13617,3	4358	22	13540,9	8501	170	13185,3	8422
−8	13614,8	4492	23	13538,5	8635	180	13161,7	9784
−7	13612,4	4626	24	13536,0	8768	190	13138,1	76,1149
−6	13609,9	4759	25	33533,6	73,8902	200	13114,5	2516
−5	13607,4	73,4893	26	13531,1	9036	210	13091,0	3886
−4	13605,0	5026	27	13528,7	9170	220	13067,7	5260
−3	13602,5	5160	28	13526,2	9304	230	13044,4	6637
−2	13600,0	5293	29	13523,8	9437	240	13020,6	76,8017
−1	13597,6	5427	30	13521,3	73,9572	250	12997,2	9402
0	13595,1	73,5560	31	13518,9	9705	260	12973,8	77,0900
1	13592,6	5694	32	13516,4	9839	270	12950,4	2182

Tiếp bảng I.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	13590,1	5828	33	13514,0	9973	280	12927,0	3579
3	13587,7	5961	34	13511,6	74,0107	290	12903,6	77,4979
4	13585,2	6095	35	13509,1	74,0241	300	12880,3	6385
5	13582,7	73,6228	36	13596,6	0374	310	12856,9	7795
6	13580,3	6362	37	13504,2	0508	320	12833,6	9210
7	13577,8	6496	38	13501,8	0642	330	12810,2	78,0630
8	13575,4	6629	39	13499,4	0776	340	12786,9	78,2054
9	13572,9	6763	40	13496,9	74,0910	350	12763,5	3485
10	13570,4	73,6893	50	13472,5	2250	360	12740,2	4921
11	13568,0	7030	60	13448,2	3592			
12	13565,5	7164	70	13424,0	4936			
13	13563,0	7298	80	13399,8	6282			
14	13560,6	7431	90	13372,3	74,7631			
15	13558,1	73,7565	100	13351,5	8981			
16	13555,7	7699	110	13327,9	75,0305			
17	13553,2	7832	120	13304,0	1653			
18	13550,7	7966	130	13280,1	3002			
19	13548,3	8100	140	13256,3	75,4354			
20	13545,8	73,8233	150	13232,6	5708			

Bảng I.7. **Khối lượng riêng của một số chất khí ở điều kiện tiêu chuẩn 0^oC, 1 at**

Tên chất khí	Công thức	Khối lượng phân tử, kg/kmol	Khối lượng riêng $\rho.10^3$, kg/l	Tên chất khí	Công thức	Khối lượng phân tử, kg/kmol	Khối lượng riêng $\rho.10^3$, kg/l
1	2	3	4	5	6	7	8
Agon	Ar	39,91	1,7828	Hidro clorua	HCl	36,47	1,6394
Amoniac	NH_3	17,03	0,7708	Hidro iodua	HI	127,94	5,7245
Anhidrit sunfurơ	SO_2	64,06	2,9268	Hidro florua	HF	20,01	0,9218
Axetilen	C_2H_2	26,02	1,1708	Hidro selenua	H_2Se	81,22	3,6134
Brom	Br_2	159,83	7,1388	Hidro telurua	H_2Te	129,52	5,8034
Butan	C_4H_{10}	58,08	2,5985	Không khí	–	–	1,2928
Cacbon dioxit	CO_2	44,00	1,9768	Kripton	Kr	82,90	3,6431
Cacbon oxisunfua	COS	60,06	2,7201	Metan	CH_4	16,03	0,7167
Cacbon oxit	CO	28,00	1,2501	Metyl clorua	CH_3Cl	50,48	2,3044
Clo	Cl_2	70,91	3,2204	Neon	Ne	20,40	0,8713
Đinitơ oxit	N_2O	44,02	1,9781	Nitơ	N_2	28,02	1,2507
Đihidro sunfua	H_2S	34,08	1,5392	Nitrozil clorua	NOCl	65,47	2,9864

Tiếp bảng I.7

1	2	3	4	5	6	7	8
Etan	C_2H_6	30,05	1,3567	Nitơ (II) oxit	NO	30,01	1,3401
Etilen	C_2H_4	28,03	1,2644	Oxi	O_2	32,00	1,4289
Etyl clorua	C_2H_5Cl	64,50	2,8700	Oxiclorua	Cl_2O	86,91	3,8874
Flo	F_2	38,00	1,6354	Xenon	Xe	130,20	5,7168
Heli	He	4,00	0,1769	Xianogen	C_2N_2	52,02	2,3348
Hidro	H_2	2,016	0,0898				

Khối lượng riêng của các khí tại nhiệt độ và áp suất khác có thể xác định theo công thức:

$$\rho = (M.Z)/V,$$

trong đó M - khối lượng phân tử; V - thể tích phân tử; Z - hệ số nén ép, tra trong bảng I.117 [5.70].

Khối lượng riêng của không khí [3.89]

a) Khối lượng riêng của không khí khô tính theo công thức sau đây:

$$\rho = \frac{1,293p}{(1 + 0,00367t)\ 760}, \text{ g/l},$$

trong đó p - áp suất tính bằng mmHg; t - nhiệt độ không khí tính bằng ^oC.

Dưới đây là các trị số của ρ trong khoảng $0 - 35^oC$.

***Bảng I.8.* Khối lượng riêng của không khí khô ở 0 – 35°C (g/l)**

Nhiệt độ, °C	*p*, mmHg			
	720	740	760	770
0	1,225	1,259	1,293	1,310
2	1,216	1,250	1,284	1,301
4	1,208	1,241	1,275	1,291
6	1,199	1,232	1,266	1,282
8	1,190	1,223	1,257	1,273
10	1,182	1,215	1,247	1,264
12	1,173	1,206	1,239	1,255
14	1,165	1,198	1,230	1,246
16	1,157	1,189	1,221	1,238
18	1,149	1,181	1,213	1,229
20	1,141	1,173	1,205	1,221
22	1,134	1,165	1,197	1,212
24	1,126	1,157	1,189	1,204
26	1,118	1,149	1,181	1,196
28	1,111	1,142	1,173	1,188
30	1,104	1,134	1,165	1,180
32	1,096	1,127	1,157	1,173
35	1,086	1,116	1,146	1,161

b) Khối lượng riêng của không khí ẩm có thể tính theo công thức sau:

$$\rho = 1{,}293(273{,}2/T)\left[\frac{p - 0{,}3783\,E}{760}\right],$$

trong đó T - nhiệt độ của không khí, °K; p - áp suất khí quyển, mmHg; E - áp suất hơi nước trong không khí, mmHg.

Bảng I.9. Các trị số của 0,3783 *E*

Điểm sương, °C	0,3783 *E*	Điểm sương, °C	0,3783 *E*	Điểm sương, °C	0,3783 *E*
0	1,73	14	4,54	28	10,74
2	2,00	16	5,16	30	12,05
4	2,31	18	5,86	32	13,51
6	2,65	20	6,64	34	15,51
8	3,04	22	7,51	36	16,88
10	3,48	24	8,47	38	18,82
12	3,98	26	9,55	40	20,96

Bảng I.10. Khối lượng riêng của không khí ẩm trong phòng (g/l)

Nhiệt độ, °C	*p*, mmHg					
	720	730	740	750	760	770
10	1,180	1,196	1,212	1,229	1,245	1,262
15	1,157	1,173	1,190	1,206	1,222	1,238
20	1,136	1,152	1,168	1,184	1,199	1,215
25	1,115	1,131	1,146	1,162	1,177	1,193

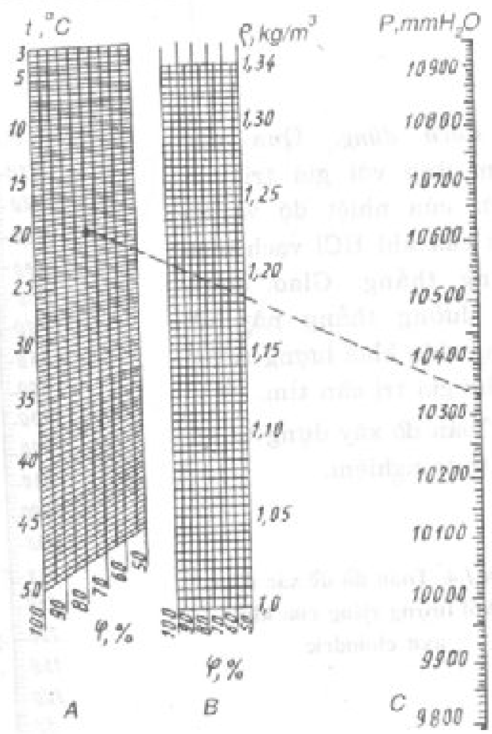
Ví dụ. Áp suất khí quyển là 750 mmHg, điểm sương 10°C, nhiệt độ không khí 20°C. Hãy xác định khối lượng riêng của không khí. Ta có:

$$\rho = 1{,}293\,\frac{273{,}2}{293{,}2}\left[\frac{750 - 3{,}48}{760}\right] = 1{,}183 \text{ g/l},$$

trong đó 3,48 - trị số của 0,3783 *E* tra ở bảng I.9 theo nhiệt độ điểm sương là 10°C.

c) Khối lượng riêng của không khí ẩm trng phòng, với độ ẩm tương đối 50% (trị số trung bình) và *p*-áp suất khí quyển trong phòng tính bằng mmHg tra ở bảng I.10 trên đây.

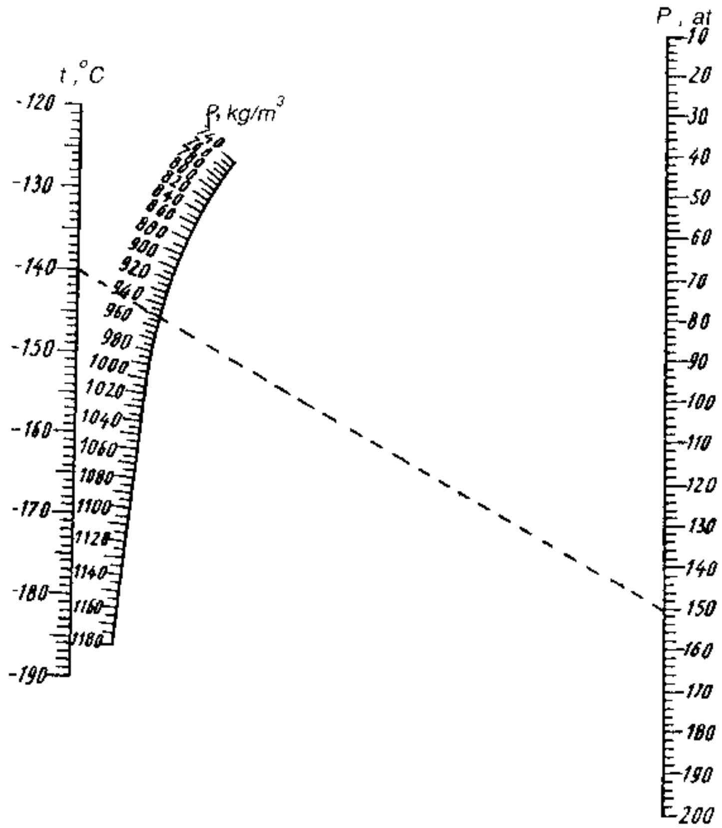
d) Khối lượng riêng của không khí ẩm còn có thể xác định nhanh bằng toán đồ hình I.2 (với độ chính xác đủ cho các tính toán kỹ thuật).



Hình I.2. Toán đồ để xác định khối lượng riêng của không khí ẩm [49.35]

Cách dùng. Từ điểm ứng với trạng thái của không khí ẩm trên thang A (xác định theo nhiệt độ và độ ẩm tương đối đã cho) kẻ một đường thẳng nối với giá trị của áp suất trên thang C. Đường này cắt thang B ứng với giá trị tương ứng của độ ẩm tương đối tại một điểm - đó là giá trị của khối lượng riêng cần tìm (h. I.2).

Toán đồ xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.

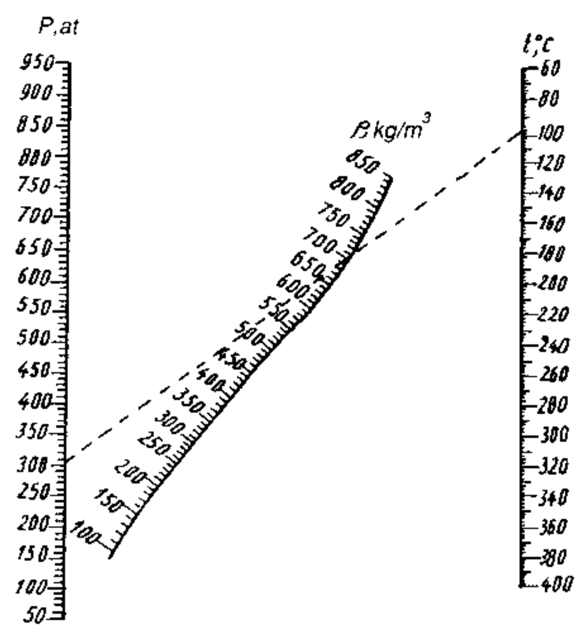


Cách dùng. Qua những điểm tương ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và áp suất của oxi lỏng kẻ một đường thẳng. Giao điểm của đường thẳng này với thang chia khối lượng riêng sẽ cho giá trị cần tìm (h. I.3).

Hình I.3. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng của oxi lỏng [49.31]**

Cách dùng. Qua các điểm ứng với giá trị cho trước của nhiệt độ và áp suất của khí HCl vạch một đường thẳng. Giao điểm của đường thẳng này và thang chia khối lượng riêng sẽ cho giá trị cần tìm.

Toán đồ xây dựng từ số liệu thực nghiệm.



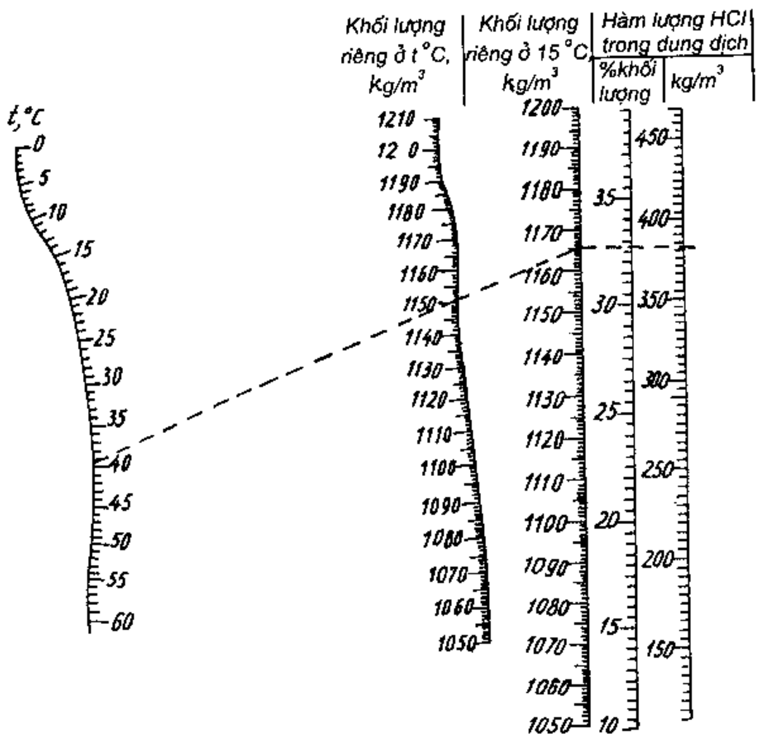
Hình I.4. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng của khí axit clohiđric**

Bảng I.11. **Khối lượng riêng của dung dịch axit clohiđric – nước ở 20°C [3.107]**

Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Nồng độ của dung dịch HCl		Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Nồng độ của dung dịch HCl	
	x, % khối lượng	g/l		x, % khối lượng	g/l
1,005	1	10,03	1,108	22	243,8
1,008	2	20,16	1,119	24	268,5
1,018	4	40,72	1,129	26	293,5
1,028	6	61,67	1,139	28	319,0
1,038	8	83,01	1,149	30	344,8
1,047	10	104,7	1,159	32	371,0
1,057	12	126,9	1,169	34	397,5
1,068	14	149,5	1,179	36	424,4
1,078	16	172,4	1,189	38	451,6
1,088	18	195,8	1,198	40	479,2
1,098	20	219,6			

Bảng I.12. **Khối lượng riêng của dung dịch axit clohiđric – nước [30.35]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau							
	–5°C	0°C	10°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1,0048	1,0052	1,0048	1,0052	0,9970	0,9881	0,9768	0,9636
2	1,0104	1,0106	1,0100	1,0082	1,0019	0,9930	0,9819	0,9688
4	1,0213	1,0213	1,0202	1,0181	1,0116	1,0026	0,9919	0,7991
6	1,0321	1,0319	1,0303	1,0279	1,0211	1,0121	1,0016	0,9892
8	1,0428	1,0423	1,0403	1,0376	1,0305	1,0215	1,0111	0,9992
10	1,0536	1,0528	1,0504	1,0474	1,0400	1,0310	1,0206	1,0090
12	1,0645	1,0634	1,0607	1,0574	1,0497	1,0406	1,0302	1,0188
14	1,0754	1,0741	1,0711	1,0675	1,0594	1,0502	1,0398	1,0286
16	1,0864	1,0849	1,0815	1,0776	1,0692	1,0598	1,0494	1,0383
18	1,0975	1,0958	1,0920	1,0878	1,0790	1,0694	1,0590	1,0479
20	1,1087	1,1067	1,1025	1,0980	1,0888	1,0790	1,0685	1,0574
22	1,1200	1,1177	1,1131	1,1083	1,0986	1,0886	1,0780	1,0668
24	1,1314	1,1287	1,1238	1,1187	1,1085	1,0982	1,0874	1,0761
26	1,1426	1,1396	1,1344	1,1290	1,1183	1,1076	1,0967	1,0853
28	1,1537	1,1505	1,1449	1,1392	1,1280	1,1169	1,1058	1,0942
30	1,1648	1,1613	1,1553	1,1493	1,1376	1,1260	1,1149	1,1030
32	–	–	–	1,1593	–	–	–	–
34	–	–	–	1,1691	–	–	–	–
36	–	–	–	1,1789	–	–	–	–
38	–	–	–	1,1885	–	–	–	–
40	–	–	–	1,1980	–	–	–	–

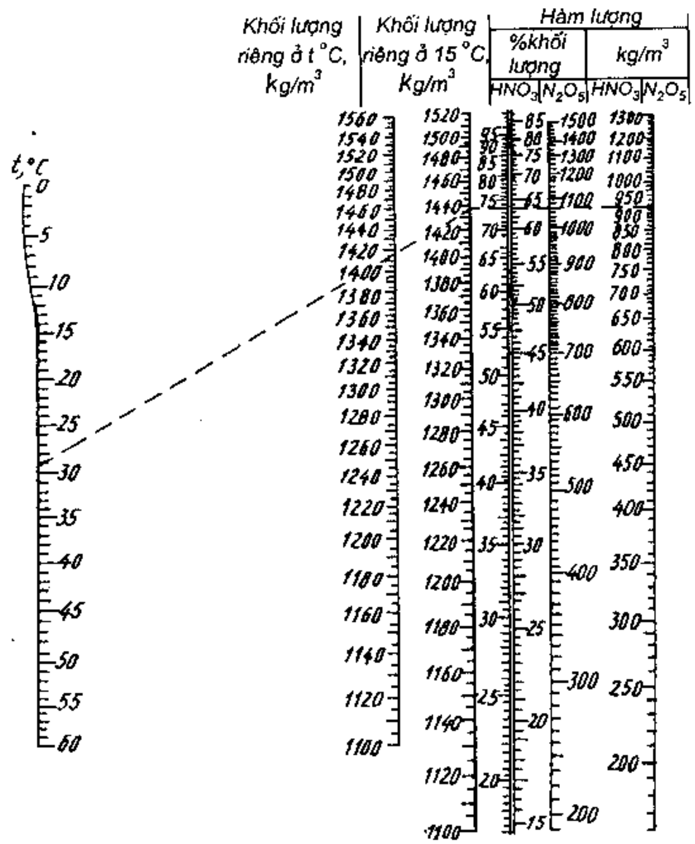


Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ đã cho và khối lượng riêng của dung dịch axit clohidric ở nhiệt độ đó, kẻ một đường thẳng và kéo dài cho đến khi cắt thang chia khối lượng riêng ở nhiệt độ 15°C. Các đặc trưng kỹ thuật khác của dung dịch ở 15°C xác định bằng cách kẻ đường nằm ngang từ giao điểm nhận được đến các thang tương ứng. Toán đồ xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.

Hình I.5. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng và thành phần của dung dịch axit clohidric – nước ở nhiệt độ 15°C [49.21]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ và khối lượng riêng của dung dịch axit nitric ở nhiệt độ đó, kẻ một đường thẳng và kéo dài cho đến khi cắt thang khối lượng riêng ở 15°C –đó chính là giá trị phải tìm. Các đặc trưng kỹ thuật khác của dung dịch ở 15°C xác định theo các giao điểm của đường nằm ngang với các thang tương ứng (xem h. I.6).

Toán đồ được xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.



Hình I.6. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng và thành phần của dung dịch axit nitric – nước ở nhiệt độ 15°C [49.21]**

Bảng I.13. **Khối lượng riêng của dung dịch axit flosilic (H_2SiF_6) – nước [30.40]**

x, %	$d_4^{17,5}$	x, %	$d_4^{17,5}$	x, %	$d_4^{17,5}$	x, %	$d_4^{17,5}$
1	1,0080	8	1,0661	20	1,1748	30	1,2742
2	1,0161	12	1,1011	25	1,2235	34	1,3162
4	1,0324	16	1,1373				

Bảng I.14. **Khối lượng riêng của dung dịch axit nitric – nước ở 20°C [3.10]**

Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Nồng độ HNO_3		Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Nồng độ HNO_3	
	x, % khối lượng	g/l		x, % khối lượng	g/l
1	2	3	4	5	6
1004	1	10,04	1128	22	248,1
1009	2	20,18	1134	23	260,8
1015	3	30,44	1140	24	273,7
1020	4	40,80	1147	25	286,7
1026	5	51,28	1153	26	299,9
1031	6	61,87	1160	27	313,2
1037	7	72,58	1167	28	326,6
1043	8	83,42	1173	29	340,3
1049	9	94,37	1180	30	354,0
1054	10	105,4	1187	31	367,9
1060	11	116,6	1193	32	381,9
1066	12	127,9	1200	33	396,1
1072	13	139,4	1207	34	410,4
1078	14	150,9	1214	35	424,9
1084	15	162,6	1221	36	439,4
1090	16	174,4	1227	37	454,0
1096	17	186,4	1234	38	468,7
1103	18	198,5	1240	39	483,6
1109	19	210,7	1246	40	498,5
1115	20	223,0	1253	41	513,6
1121	21	233,5	1259	42	528,8

Tiếp bảng I.14

1	2	3	4	5	6
1266	43	544,2	1422	72	1024
1272	44	559,6	1426	73	1041
1278	45	575,2	1430	74	1058
1285	46	591,0	1434	75	1075
1291	47	606,8	1438	76	1093
1298	48	622,8	1441	77	1110
1304	49	639,0	1445	78	1127
1310	50	655,0	1449	79	1144
1316	51	671,2	1452	80	1162
1322	52	687,4	1456	81	1179
1328	53	703,7	1459	82	1196
1334	54	720,1	1462	83	1214
1339	55	736,6	1466	84	1231
1345	56	753,1	1469	85	1248
1351	57	769,8	1472	86	1266
1356	58	786,5	1475	87	1283
1361	59	803,2	1477	88	1300
1367	60	820,0	1480	89	1317
1372	61	836,9	1483	90	1334
1377	62	853,7	1485	91	1351
1382	63	870,5	1487	92	1368
1387	64	887,4	1489	93	1385
1391	65	904,3	1491	94	1402
1396	66	921,3	1493	95	1419
1400	67	938,3	1495	96	1435
1405	68	955,3	1497	97	1452
1409	69	972,3	1501	98	1471
1413	70	989,4	1506	99	1491
1418	71	1006	1513	100	1513

Bảng I.15. **Khối lượng riêng của dung dịch axit nitric - nước ở các nhiệt độ khác nhau [30.38]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau										
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,0058	1,00572	1,00534	1,00464	1,00364	1,00241	1,0009	0,9973	0,9931	0,9882	0,9767	0,9632
2	1,1017	1,01149	1,01099	1,01018	1,00909	1,00778	1,0061	1,0025	0,9982	0,9932	0,9816	0,9681
3	1,0176	1,01730	1,01668	1,01576	1,01457	1,01318	1,0114	1,0077	1,0033	0,9982	0,9865	0,9730
4	1,0236	1,02315	1,02240	1,02137	1,02008	1,01861	1,0168	1,0129	1,0084	1,0033	0,9915	0,9779
5	1,0296	1,02904	1,02816	1,02702	1,02563	1,02408	1,0222	1,0182	1,0136	1,0084	0,9965	0,9829
6	1,0357	1,03497	1,03397	1,03272	1,03122	1,02958	1,0277	1,0235	1,0188	1,0136	1,0015	0,9879
7	1,0418	1,0410	1,0399	1,0375	1,0369	1,0352	1,0333	1,0289	1,0188	1,0188	1,0066	0,9929
8	1,0480	1,0471	1,0458	1,0443	1,0427	1,0409	1,0389	1,0344	1,0295	1,0241	1,0117	0,9980
9	1,0543	1,0532	1,0518	1,0502	1,0485	1,0466	1,0466	1,0399	1,0349	1,0294	1,0169	1,0032
10	1,0606	1,0594	1,0578	1,0561	1,0543	1,0523	1,0503	1,0455	1,0403	1,0347	1,0221	1,0083
11	1,0669	1,0656	1,0639	1,0621	1,0602	1,0581	1,0560	1,0511	1,0458	1,0401	1,0273	1,0134
12	1,0733	1,0718	1,0700	1,0681	1,0661	1,0640	1,0618	1,0567	1,0513	1,0455	1,0326	1,0186
13	1,0797	1,0781	1,0762	1,0742	1,0721	1,0699	1,0676	1,0624	1,0568	1,0509	1,0379	1,0238
14	1,0862	1,0845	1,0824	1,0803	1,0781	1,0758	1,0735	1,0681	1,0624	1,0564	1,0432	1,0289
15	1,0927	1,0909	1,0887	1,0865	1,0842	1,0818	1,0794	1,0739	1,0680	1,0619	1,0485	1,0341
16	1,0992	1,0973	1,0950	1,0927	1,0903	1,0879	1,0854	1,0797	1,0737	1,0675	1,0538	1,0393
17	1,1057	1,1038	1,1014	1,0989	1,0964	1,0940	1,0914	1,0855	1,0794	1,0731	1,0592	1,0444
18	1,1123	1,1103	1,1078	1,1052	1,1026	1,1001	1,0974	1,0913	1,0851	1,0787	1,0646	1,0496
19	1,1189	1,1168	1,1142	1,1115	1,1088	1,1062	1,1034	1,0972	1,0908	1,0843	1,0700	1,0547
20	1,1255	1,1234	1,1206	1,1178	1,1150	1,1123	1,1094	1,1031	1,0966	1,0899	1,0754	1,0598
21	1,1322	1,1300	1,1271	1,1242	1,1213	1,1185	1,1155	1,1090	1,1024	1,0956	1,0808	1,0650
22	1,1389	1,1366	1,1336	1,1306	1,1276	1,1247	1,1217	1,1150	1,1083	1,1013	1,0862	1,0701

Tiếp bảng 1.15

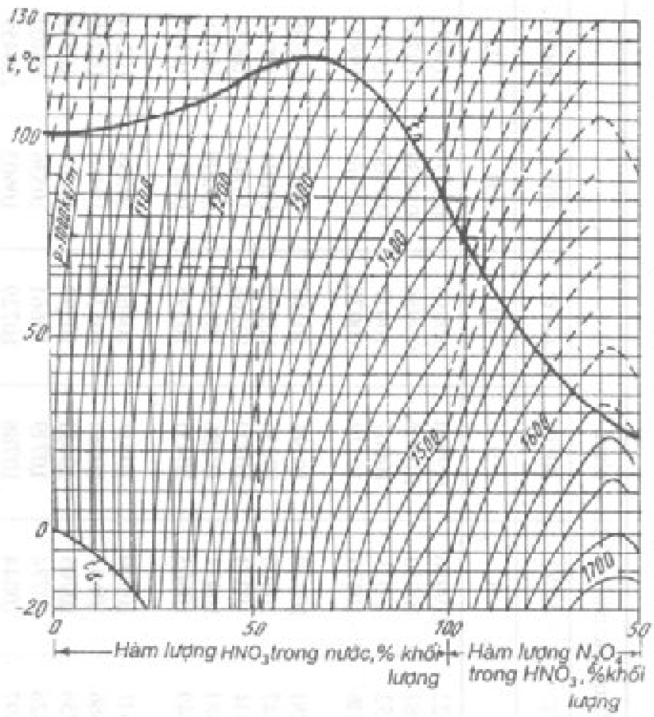
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
23	1,1457	1,1433	1,1402	1,1371	1,1340	1,1310	1,1280	1,1210	1,1142	1,1070	1,0917	1,0753
24	1,1525	1,1501	1,1469	1,1437	1,1404	1,1374	1,1343	1,1271	1,1201	1,1127	1,0972	1,0805
25	1,1594	1,1568	1,1536	1,1503	1,1469	1,1438	1,1406	1,1332	1,1260	1,1185	1,1027	1,0857
26	1,1663	1,1638	1,1603	1,1569	1,1534	1,1502	1,1469	1,1394	1,1320	1,1244	1,1083	1,0910
27	1,1733	1,1707	1,1670	1,1635	1,1600	1,1566	1,1533	1,1456	1,1381	1,1303	1,1139	1,0963
28	1,1803	1,1777	1,1738	1,1702	1,1666	1,1631	1,1597	1,1519	1,1442	1,1362	1,1195	1,1016
29	1,1874	1,1847	1,1807	1,1770	1,1733	1,1697	1,1662	1,1582	1,1503	1,1422	1,1251	1,1069
30	1,1945	1,1917	1,1876	1,1838	1,1800	1,1763	1,1727	1,1645	1,1564	1,1482	1,1307	1,1122
31	1,2016	1,1988	1,1945	1,1906	1,1767	1,1829	1,1792	1,1708	1,1625	1,1542	1,1363	1,1175
32	1,2088	1,2059	1,2014	1,1974	1,1934	1,1896	1,1857	1,1772	1,1687	1,1602	1,1419	1,1228
33	1,2160	1,2131	1,2084	1,2043	1,2002	1,1963	1,1922	1,1836	1,1749	1,1662	1,1476	1,1281
34	1,2233	1,2203	1,2155	1,2113	1,2091	1,2030	1,1988	1,1901	1,1812	1,1723	1,1533	1,1335
35	1,2306	1,2275	1,2227	1,2183	1,2140	1,2098	1,2055	1,1966	1,1876	1,1784	1,1591	1,1390
36	1,2375	1,2344	1,2294	1,2249	1,2205	1,2163	1,2119	1,2028	1,1936	1,1842	1,1645	1,1440
37	1,2444	1,2412	1,2361	1,2315	1,2270	1,2227	1,2182	1,2089	1,1995	1,1899	1,1699	1,1490
38	1,2513	1,2479	1,2428	1,2381	1,2335	1,2291	1,2245	1,2150	1,2054	1,1956	1,1752	1,1540
39	1,2581	1,2546	1,2494	1,2446	1,2399	1,2354	1,2308	1,2210	1,2112	1,2013	1,1805	1,1589
40	1,2649	1,2613	1,2560	1,2511	1,2463	1,2417	1,2370	1,2270	1,2170	1,2069	1,1858	1,1638
41	1,2717	1,2680	1,2626	1,2576	1,2527	1,2480	1,2432	1,2330	1,2229	1,2126	1,1911	1,1687
42	1,2786	1,2747	1,2692	1,2641	1,2591	1,2543	1,2494	1,2390	1,2287	1,2182	1,1963	1,1735
43	1,2854	1,2814	1,2758	1,2706	1,2655	1,2606	1,2556	1,2450	1,2345	1,2238	1,2015	1,1783
44	1,2922	1,2880	1,2824	1,2771	1,2719	1,2669	1,2618	1,2510	1,2403	1,2294	1,2067	1,1831
45	1,2990	1,2947	1,2890	1,2836	1,2783	1,2732	1,2680	1,2570	1,2461	1,2350	1,2119	1,1879
46	1,3058	1,3014	1,2955	1,2901	1,2847	1,2795	1,2742	1,2630	1,2519	1,2406	1,2171	1,1927
47	1,3126	1,3080	1,3021	1,2966	1,2911	1,2858	1,2804	1,2690	1,2577	1,2462	1,2223	1,1976

Tiếp bảng I.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
48	1,3194	1,3147	1,3087	1,3031	1,2975	1,2921	1,2867	1,2750	1,2635	1,2518	1,2275	1,2024
49	1,3263	1,3214	1,3153	1,3096	1,3040	1,2984	1,2929	1,2811	1,2693	1,2575	1,2328	1,2073
50	1,3327	1,3277	1,3215	1,3157	1,3100	1,3043	1,2987	1,2867	1,2748	1,2628	1,2377	1,2118
51	1,3391	1,3339	1,3277	1,3218	1,3160	1,3102	1,3045	1,2923	1,2802	1,2680	1,2425	1,2163
52	1,3454	1,3401	1,3338	1,3278	1,3219	1,3160	1,3102	1,2978	1,2856	1,2731	1,2473	1,2208
53	1,3517	1,3462	1,3399	1,3338	1,3278	1,3218	1,3159	1,3033	1,2909	1,2782	1,2521	1,2252
54	1,3579	1,3523	1,3459	1,3397	1,3336	1,3275	1,3215	1,3087	1,2961	1,2833	1,2568	1,2296
55	1,3640	1,3583	1,3518	1,3455	1,3393	1,3331	1,3270	1,3141	1,3013	1,2883	1,2615	1,2339
56	1,3700	1,3642	1,3576	1,3512	1,3449	1,3386	1,3324	1,3194	1,3064	1,2932	1,2661	1,2382
57	1,3759	1,3700	1,3634	1,3569	1,3505	1,3441	1,3377	1,3246	1,3114	1,2981	1,2706	1,2424
58	1,3818	1,3757	1,3691	1,3625	1,3560	1,3495	1,3430	1,3298	1,3164	1,3029	1,2751	1,2466
59	1,3875	1,3813	1,3747	1,3680	1,3614	1,3548	1,3482	1,3348	1,3213	1,3077	1,2795	1,2507
60	1,3931	1,3868	1,3801	1,3734	1,3667	1,3600	1,3533	1,3398	1,3261	1,3124	1,2839	1,2547
61	1,3986	1,3922	1,3855	1,3787	1,3719	1,3651	1,3583	1,3447	1,3308	1,3169	1,2881	1,2587
62	1,4039	1,3975	1,3907	1,3838	1,3769	1,3700	1,3632	1,3394	1,3354	1,3213	1,2922	1,2625
63	1,4091	1,4027	1,3958	1,3888	1,3818	1,3748	1,3679	1,3540	1,3398	1,3255	1,2962	1,2661
64	-	1,4078	1,4007	1,3936	1,3866	1,3795	1,3725					
65		1,4128	1,4055	1,3984	1,3913	1,3841	1,3770					
66	-	1,4177	1,4103	1,4031	1,3959	1,3887	1,3814					
67	-	1,4224	1,4150	1,4077	1,4004	1,3932	1,3857					
68	-	1,4271	1,4196	1,4122	1,4048	1,3976	1,3900					
69	-	1,4317	1,4241	1,4166	1,4091	1,4019	1,3942					
70	-	1,4362	1,4285	1,4210	1,4134	1,4061	1,3983					
71	-	1,4406	1,4328	1,4252	1,4176	1,4102	1,4023					
72	-	1,4449	1,4371	1,4294	1,4218	1,4142	1,4063					

Tiếp bảng I.15

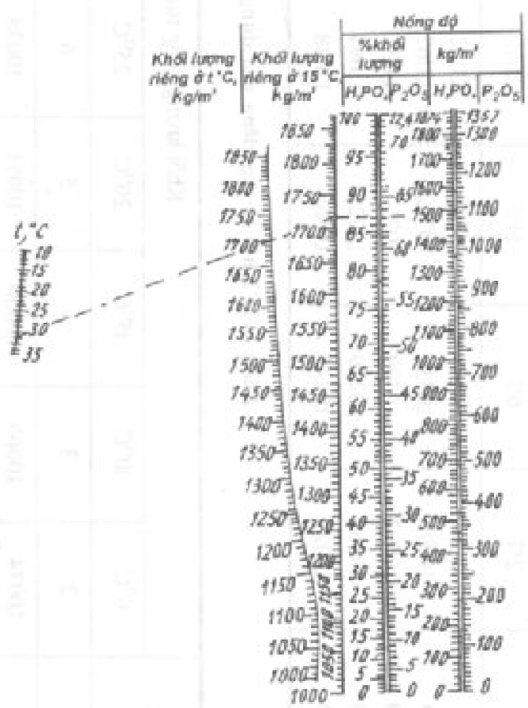
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
73	-	1,4491	1,4413	1,4385	1,4258	1,4182	1,4103					
74	-	1,4532	1,4454	1,4376	1,4298	1,4221	1,4132					
75	-	1,4573	1,4494	1,4415	1,4337	1,4259	1,4180					
76	-	1,4613	1,4533	1,4454	1,4375	1,4296	1,4217					
77	-	1,4652	1,4572	1,4492	1,4413	1,4333	1,4253					
78	-	1,4690	1,4610	1,4529	1,4450	1,4369	1,4288					
79	-	1,4727	1,4647	1,4565	1,4486	1,4404	1,4323					
80	-	1,4764	1,4683	1,4601	1,4521	1,4439	1,4357					
81	-	1,4800	1,4718	1,4636	1,4555	1,4473	1,4391					
82	-	1,4835	1,4753	1,4670	1,4589	1,4507	1,4424					
83	-	1,4869	1,4787	1,4704	1,4622	1,4540	1,4456					
84	-	1,4903	1,4820	1,4737	1,4655	1,4572	1,4487					
85	-	1,4936	1,4852	1,4769	1,4686	1,4603	1,4518					
86	-	1,4968	1,4883	1,4799	1,4716	1,4633	1,4548					
87	-	1,4999	1,4913	1,4829	1,4745	1,662	1,4577					
88	-	1,5029	1,4942	1,4858	1,4773	1,4690	1,4605					
89	-	1,5058	1,4970	1,4885	1,4800	1,4716	1,4631					
90	-	1,5085	1,4997	1,4911	1,4826	1,4741	1,4656					
91	-	1,5111	1,5023	1,4936	1,4850	1,4766	1,4681					
92	-	1,5136	1,5048	1,4960	1,4873	1,4789	1,4704					
93	-	1,5156	1,5068	1,4979	1,4892	1,4807	1,4722					
94	-	1,5177	1,5088	1,4999	1,4912	1,4826	1,4741					
95	-	1,5198	1,5109	1,5019	1,4932	1,4846	1,4761					
96	-	1,5220	1,5130	1,5040	1,4952	1,4867	1,4781					
97	-	1,5244	1,5152	1,5062	1,4974	1,4889	1,4802					
98	-	1,5278	1,5187	1,5096	1,5008	1,4922	1,4835					
99	-	1,5327	1,5235	1,5144	1,5056	1,4969	1,4881					
100	-	1,5402	1,5310	1,5217	1,5129	1,5040	1,4952					



Cách dùng. Qua những điểm trên trục tung và trục hoành ứng với các giá trị đã cho của nhiệt độ và hàm lượng các chất trong dung dịch kẻ hai đường thẳng góc với các trục. Đường cong đi qua giao điểm của hai đường thẳng góc đó sẽ cho giá trị cần tìm (hình I.7).

Hình I.7. Toán đồ để xác định khối lượng riêng của dung dịch axit nitric - nước và dung dịch N_2O_4 trong axit hitric 100%: t_s - nhiệt độ sôi; $t_đ$ - nhiệt độ đông rắn [49.18]

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và khối lượng riêng dung dịch ở nhiệt độ đó, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến khi cắt thang chia khối lượng riêng ở 15°C, ta được kết quả cần xác định. Các thông số khác của dung dịch ở 15°C xác định bằng cách kẻ đường nằm ngang từ giao điểm trên đến các thang tương ứng. Ngược lại, nếu biết nồng độ dung dịch (tính bằng % khối lượng hay kg/m³) cũng có thể xác định được khối lượng riêng của dung dịch tại nhiệt độ bất kỳ từ 10 – 35°C. Vạch đường nằm ngang đi qua giá trị nồng độ dung dịch đến khi cắt thang chia khối lượng riêng ở 15°C, rồi kẻ đường thẳng nối với giá trị nhiệt độ đã cho, đường này cắt thang chia khối lượng riêng dung dịch ở t°C, đó là giá trị phải tìm (hình I.8).



Hình I.8. Toán đồ để xác định khối lượng riêng và thành phần của dung dịch axit photphoric – nước ở nhiệt độ 15°C [49.22]

Bảng I.16. **Khối lượng riêng của dung dịch axit photphoric H_3PO_4 - nước [30.40]**

t, °C	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nồng độ khác nhau								
	2%	6%	14%	20%	26%	35%	50%	75%	100%
0	1,0113	1,0339	1,0811	1,1192	1,1567	1,221	1,341	-	-
10	1,0109	1,0330	1,0792	1,1167	1,1529	1,216	1,335	1,579	1,870
20	1,0092	1,0309	1,0764	1,1134	1,1484	1,211	1,329	1,572	1,862
30	1,0065	1,0279	1,0728	1,1094					
40	1,0029	1,0241	1,0685	1,1048					

Bảng I.17. **Khối lượng riêng của dung dịch axit sunfuric H_2SO_4 - nước [30.40]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau										
	0°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,0074	1,0068	1,0060	1,0051	1,0038	1,0022	0,9986	0,9944	0,9895	0,9779	0,9645
2	1,0147	1,0138	1,0129	1,0118	1,0104	1,0087	1,0050	2,0006	0,9956	0,9839	0,9705
3	1,0219	1,0206	1,0197	1,0184	1,0169	1,0152	1,0113	1,0067	1,0017	0,9900	0,9766
4	1,0291	1,0275	1,0264	1,0250	1,0234	1,0216	1,0176	1,0129	1,0078	0,9961	0,9827
5	1,0364	1,0344	1,0332	1,0317	1,0300	1,0281	1,0240	1,0192	1,0140	1,0022	0,9888
6	1,0437	1,0414	1,0400	1,0385	1,0367	1,0347	1,0305	1,0256	1,0203	1,0084	0,9950
7	1,0511	1,0485	1,0469	1,0453	1,0434	1,0414	1,0371	1,0321	1,0266	1,0146	1,0013
8	1,0585	1,0506	1,0539	1,0522	1,0502	1,0481	1,0437	1,0386	1,0330	1,0209	1,0076
9	1,0660	1,0628	1,0610	1,0591	1,0571	1,0549	1,0503	1,0451	1,0395	1,0273	1,0140
10	1,0735	1,0700	1,0681	1,0661	1,0640	1,0617	1,0570	1,0517	1,0460	1,0338	1,0204
11	1,0810	1,0773	1,0753	1,0731	1,0710	1,0686	1,0637	1,0584	1,0526	1,0403	1,0269
12	1,0886	1,0846	1,0825	1,0802	1,0780	1,0756	1,0705	1,0651	1,0593	1,0469	1,0335
13	1,0962	1,0920	1,0898	1,0874	1,0851	1,0826	1,0774	1,0719	1,0661	1,0536	1,0402
14	1,1039	1,0994	1,0971	1,0947	1,0922	1,0897	1,0844	1,0788	1,0729	1,0603	1,0459

Tiếp bảng L17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	1,1116	1,1069	1,1045	1,1020	1,0994	1,0968	1,0914	1,0857	1,0798	1,0671	1,0537
16	1,1194	1,1145	1,1120	1,1024	1,1067	1,1040	1,0985	1,0927	1,0868	1,0740	1,0605
17	1,1272	1,1221	1,1195	1,1168	1,1141	1,1113	1,1057	1,0998	1,0938	1,0809	1,0674
18	1,1351	1,1298	1,1271	1,1243	1,1215	1,1187	1,1129	1,1070	1,1009	1,0879	1,0744
19	1,1430	1,1375	1,1347	1,1318	1,1290	1,1261	1,1202	1,1142	1,1081	1,0950	1,0814
20	1,1510	1,1453	1,1424	1,1394	1,1365	1,1335	1,1275	1,1215	1,1153	1,1021	1,0805
21	1,1590	1,1531	1,1501	1,1471	1,1441	1,1416	1,1349	1,1288	1,1226	1,1093	1,0957
22	1,1670	1,1609	1,1579	1,1548	1,1517	1,1486	1,1424	1,1362	1,1299	1,1166	1,1009
23	1,1751	1,1688	1,1657	1,1626	1,1594	1,1563	1,1500	1,1437	1,1373	1,1239	1,1102
24	1,1832	1,1768	1,1736	1,1704	1,1672	1,1640	1,1576	1,1512	1,1448	1,1313	1,1176
25	1,1914	1,1848	1,1816	1,1783	1,1750	1,1718	1,1653	1,1588	1,1523	1,1388	1,1250
26	1,1996	1,1929	1,1896	1,1862	1,1829	1,1796	1,1730	1,1665	1,1599	1,1463	1,1325
27	1,2078	1,2010	1,1976	1,1942	1,1909	1,1875	1,1808	1,1742	1,1676	1,1539	1,1400
28	1,2160	1,2091	1,2057	1,2023	1,1989	1,1955	1,1887	1,1820	1,1753	1,1616	1,1476
29	1,2243	1,2173	1,2138	1,2104	1,2069	1,2035	1,1966	1,1898	1,1831	1,1693	1,1553
30	1,2326	1,2255	1,2200	1,2185	1,2150	1,2115	1,2046	1,1977	1,1909	1,1771	1,1630
31	1,2409	1,2338	1,2302	1,2267	1,2232	1,2196	1,2126	1,2057	1,1988	1,1849	1,1708
32	1,2493	1,2421	1,2385	1,2349	1,2314	1,2278	1,2207	1,2187	1,2068	1,1928	1,1787
33	1,2577	1,2504	1,2468	1,2432	1,2396	1,2360	1,2283	1,2218	1,2148	1,2008	1,1866
34	1,2661	1,2588	1,2552	1,2515	1,2479	1,2443	1,2371	1,2300	1,2229	1,2088	1,1946
35	1,2746	1,2672	1,2636	1,2599	1,2563	1,2526	1,2454	1,2383	1,2311	1,2169	1,2027
36	1,2831	1,2757	1,2720	1,2684	1,2647	1,2610	1,2538	1,2466	1,2394	1,2251	1,2109
37	1,2917	1,2843	1,2805	1,2769	1,2732	1,2695	1,2622	1,2550	1,2477	1,2334	1,2192
38	1,3004	1,2929	1,2891	1,2855	1,2818	1,2780	1,2707	1,2635	1,2561	1,2418	1,2276
39	1,3091	1,3016	1,2978	1,2941	1,2904	1,2866	1,2793	1,2720	1,2646	1,2503	1,2361
40	1,3179	1,3103	1,3065	1,3028	1,2991	1,2953	1,2880	1,2806	1,2732	1,2589	1,2446
41	1,3268	1,3191	1,3153	1,3116	1,3079	1,3041	1,2967	1,2893	1,2819	1,2675	1,2532

Tiếp bảng I.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
42	1,3357	1,3280	1,3242	1,3205	1,3167	1,3129	1,3055	1,2981	1,2907	1,2762	1,2619
43	1,3447	1,3370	1,3332	1,3294	1,3256	1,3218	1,3144	1,3070	1,2996	1,2850	1,2707
44	1,3538	1,3461	1,3423	1,3384	1,3346	1,3308	1,3234	1,3160	1,3086	1,2939	1,2796
45	1,3630	1,3553	1,3515	1,3476	1,3437	1,3399	1,3325	1,3251	1,3177	1,3029	1,2886
46	1,3724	1,3646	1,3608	1,3569	1,3530	1,3492	1,3417	1,3343	1,3269	1,3120	1,2976
47	1,3819	1,3740	1,3702	1,3663	1,3624	1,3586	1,3510	1,3435	1,3362	1,3212	1,3067
48	1,3915	1,3835	1,3797	1,3758	1,3719	1,3680	1,3604	1,3528	1,3455	1,3305	1,3159
49	1,4012	1,3931	1,3893	1,3854	1,3814	1,3775	1,3699	1,3623	1,3549	1,3399	1,3253
50	1,4110	1,4029	1,3990	1,3951	1,3911	1,3872	1,3795	1,3719	1,3644	1,3494	1,3348
51	1,4209	1,4128	1,4088	1,4049	1,4009	1,3970	1,3893	1,3816	1,3740	1,3590	1,3444
52	1,4310	1,4228	1,4188	1,4148	1,4109	1,4069	1,3991	1,3914	1,3837	1,3687	1,3540
53	1,4412	1,4329	1,4289	1,4246	1,4209	1,4169	1,4091	1,4013	1,3936	1,3785	1,3637
54	1,4515	1,4431	1,4391	1,4350	1,4310	1,4270	1,4191	1,4113	1,4036	1,3884	1,3735
55	1,4619	1,4535	1,4494	1,4453	1,4412	1,4372	1,4293	1,4214	1,4137	1,3984	1,3834
56	1,4724	1,4640	1,4598	1,4557	1,4516	1,4476	1,4396	1,4317	1,4239	1,4085	1,3934
57	1,4830	1,4746	1,4703	1,4662	1,4621	1,4581	1,4500	1,4400	1,4342	1,4187	1,4035
58	1,4937	1,4852	1,4809	1,4768	1,4726	1,4685	1,4604	1,4524	1,4446	1,4290	1,4137
59	1,5045	1,4959	1,4916	1,4872	1,4832	1,4791	1,4709	1,4629	1,4551	1,4393	1,4240
60	1,5154	1,5067	1,5024	1,4983	1,4940	1,4898	1,4816	1,4735	1,4656	1,4497	1,4344
61	1,5264	1,5177	1,5133	1,5091	1,5048	1,5006	1,4923	1,4842	1,4762	1,4602	1,4449
62	1,5375	1,5287	1,5243	1,5200	1,5157	1,5115	1,5031	1,4950	1,4869	1,4708	1,4554
63	1,5487	1,5398	1,5354	1,5310	1,5267	1,5225	1,5140	1,5058	1,4977	1,4815	1,4660
64	1,5600	1,5510	1,5465	1,5421	1,5378	1,5335	1,5250	1,5167	1,5086	1,4923	1,4766
65	1,5714	1,5623	1,5578	1,5533	1,5490	1,5446	1,5361	1,5277	1,5195	1,5031	1,4873
66	1,5828	1,5736	1,5691	1,5646	1,5602	1,5558	1,5472	1,5388	1,5305	1,5140	1,4981
67	1,5943	1,5850	1,5805	1,5760	1,5715	1,5671	1,5584	1,5499	1,5416	1,5249	1,5089
68	1,6059	1,5965	1,5920	1,5874	1,5829	1,5785	1,5697	1,5611	1,5528	1,5359	1,5198
69	1,6176	1,6081	1,6035	1,5989	1,5944	1,5899	1,5811	1,5724	1,5640	1,5470	1,5307

Tiếp bảng I.17

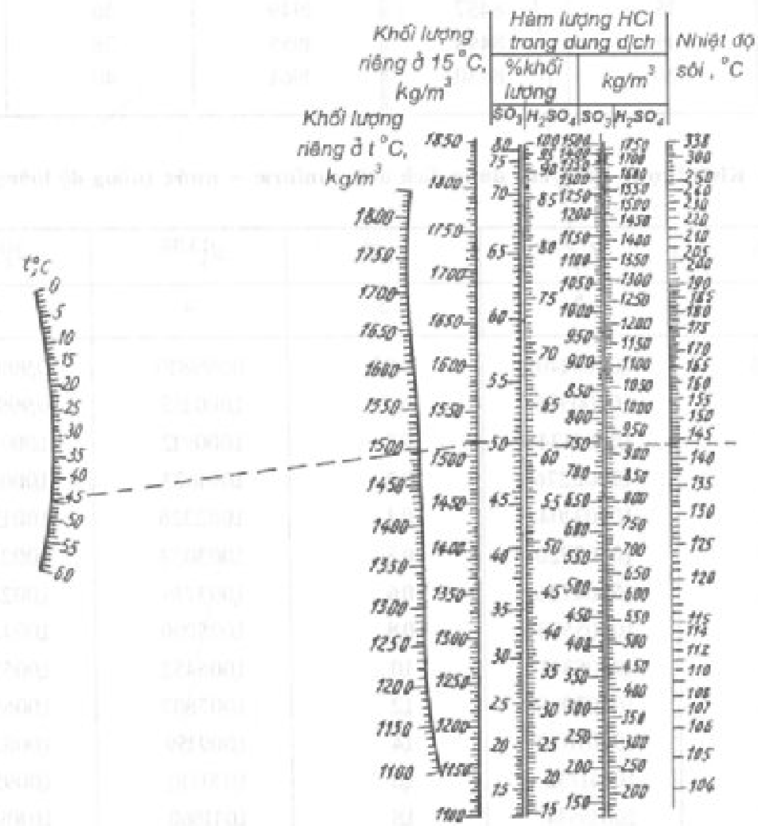
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70	1,6293	1,6198	1,6151	1,6105	1,6059	1,6014	1,5925	1,5838	1,5758	1,5582	1,5417
71	1,6411	1,6315	1,6268	1,6221	1,6175	1,6130	1,6040	1,5952	1,5867	1,5694	1,5527
72	1,6529	1,6433	1,6385	1,6338	1,6293	1,6246	1,6155	1,6067	1,5981	1,5806	1,5637
73	1,6648	1,6551	1,6503	1,6456	1,6409	1,6363	1,6271	1,6182	1,6095	1,5919	1,5747
74	1,6768	1,6670	1,6622	1,6574	1,6526	1,6480	1,6387	1,6297	1,6209	1,6031	1,5857
75	1,6888	1,6789	1,6740	1,6692	1,6644	1,6597	1,6503	1,6412	1,6322	1,6142	1,5966
76	1,7008	1,6908	1,6858	1,6810	1,6761	1,6713	1,6619	1,6526	1,6435	1,6552	1,6074
77	1,7128	1,7026	1,6976	1,6927	1,6878	1,6829	1,6734	1,6640	1,6547	1,6361	1,6181
78	1,7247	1,7144	1,7093	1,7043	1,6994	1,6944	1,6847	1,6751	1,6657	1,6469	1,6286
79	1,7365	1,7261	1,7209	1,7158	1,7108	1,7058	1,6959	1,6862	1,6766	1,6575	1,6390
80	1,7482	1,7376	1,7323	1,7272	1,7221	1,7172	1,7069	1,6971	1,6873	1,6680	1,6493
81	1,7597	1,7489	1,7435	1,7383	1,7331	1,7297	1,7177	1,7077	1,6978	1,6782	1,6594
82	1,7709	1,7599	1,7544	1,7491	1,7437	1,7385	1,7281	1,7180	1,7080	1,6882	1,6692
83	1,7815	1,7704	1,7649	1,7594	1,7540	1,7487	1,7382	1,7279	1,7179	1,6979	1,6787
84	1,7916	1,7804	1,7748	1,7693	1,7630	1,7585	1,7479	1,7375	1,7274	1,7072	1,6878
85	1,8009	1,7897	1,7841	1,7786	1,7732	1,7678	1,7571	1,7466	1,7364	1,7161	1,6966
86	1,8095	1,7983	1,7927	1,7872	1,7818	1,7763	1,7657	1,7552	1,7449	1,7245	1,7050
87	1,8173	1,8061	1,8006	1,7951	1,7897	1,7842	1,7736	1,7632	1,7529	1,7324	1,7129
88	1,8243	1,8132	1,8077	1,8022	1,7968	1,7914	1,7809	1,7705	1,7602	1,7397	1,7202
89	1,8306	1,8195	1,8141	1,8087	1,8033	1,7979	1,7874	1,7770	1,7669	1,7464	1,7269
90	1,8361	1,8252	1,8198	1,8144	1,8091	1,8038	1,7933	1,7829	1,7729	1,7525	1,7331
91	1,8410	1,8302	1,8248	1,8195	1,8142	1,8090	1,7986	1,7883	1,7783	1,7581	1,7388
92	1,8453	1,8346	1,8293	1,8240	1,8188	1,8136	1,8033	1,7932	1,7832	1,7633	1,7439
93	1,8490	1,8384	1,8331	1,8279	1,8227	1,8176	1,8074	1,7974	1,7876	1,7681	1,7485
94	1,8520	1,8415	1,8363	1,8312	1,8260	1,9210	1,8109	1,8011	1,7914		
95	1,8544	1,8439	1,8388	1,8337	1,8286	1,8236	1,8137	1,8040	1,7944		
96	1,8560	1,8457	1,8406	1,8355	1,8305	1,8255	1,8157	1,8060	1,7965		
97	1,8569	1,8466	1,8414	1,8364	1,8314	1,8264	1,8166	1,8071	1,7977		
98	1,8567	1,8463	1,8411	1,8361	1,8310	1,8261	1,8163	1,8068	1,7976		
99	1,8551	1,8445	1,8393	1,8342	1,8292	1,8242	1,8145	1,8050	1,7958		
100	1,8517	1,8409	1,8357	1,8305	1,8255	1,8205	1,8107	1,8013	1,7922		

Bảng I.18. **Khối lượng riêng của dung dịch axit sunfuric – nước ở 20°C [3.106]**

Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Nồng độ H_2SO_4		Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Nồng độ H_2SO_4	
	x, % khối lượng	g/l		x, % khối lượng	g/l
1	2	3	4	5	6
1005	1	10,05	1294	39	504,7
1012	2	20,24	1303	40	521,1
1018	3	30,55	1312	41	537,7
1025	4	41,00	1321	42	554,6
1032	5	51,58	1329	43	571,6
1038	6	62,31	1338	44	588,9
1045	7	73,17	1348	45	606,4
1052	8	84,18	1357	46	624,2
1059	9	95,32	1366	47	642,0
1066	10	106,6	1376	48	660,5
1073	11	118,0	1385	49	678,7
1080	12	129,6	1395	50	697,5
1087	13	141,4	1405	51	716,5
1095	14	153,3	1415	52	735,8
1102	15	165,3	1425	53	755,2
1109	16	177,5	1435	54	774,9
1117	17	189,9	1445	55	794,8
1124	18	202,3	1456	56	815,2
1132	19	215,1	1466	57	835,7
1139	20	227,9	1477	58	856,7
1147	21	240,9	1488	59	877,6
1155	22	254,1	1498	60	898,8
1163	23	267,4	1509	61	920,6
1170	24	280,9	1520	62	942,4
1178	25	294,6	1531	63	964,5
1186	26	308,4	1542	64	986,9
1194	27	322,4	1553	65	1010
1202	28	336,6	1565	66	1033
1210	29	351,0	1576	67	1056
1219	30	365,6	1587	68	1079
1227	31	380,3	1599	69	1103
1235	32	395,2	1611	70	1127
1243	33	410,3	1622	71	1152
1252	34	425,5	1634	72	1176
1260	35	441,0	1646	73	1201
1268	36	456,6	1657	74	1226
1277	37	472,5	1669	75	1252
1286	38	488,5	1681	76	1278

Tiếp bảng I.18

1	2	3	4	5	6
1693	77	1303	1809	89	1610
1704	78	1329	1814	90	1633
1716	79	1355	1819	91	1656
1727	80	1382	1824	92	1678
1738	81	1408	1828	93	1700
1749	82	1434	1831,2	94	1721
1759	83	1460	1933,7	95	1742
1769	84	1486	1835,5	96	1762
1779	85	1512	1836,3	97	1781
1787	86	1537	1836,5	98	1799
1795	87	1562	1834,2	99	1816
1802	88	1586	1830,5	100	1831



Hình I.9. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng, thành phần ở 15°C và nhiệt độ sôi của dung dịch axit sunfuric – nước [49.20]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ và khối lượng riêng của dung dịch axit sunfuric ở nhiệt độ đó, kẻ một đường thẳng và kéo dài cho đến khi cắt thang chia khối lượng riêng ở 15°C – đó chính là giá trị phải tìm. Các đặc trưng khác của dung dịch ở 15°C xác định bằng cách kẻ một đường nằm ngang từ giao điểm nhận được đến các thang tương ứng (h.I.9).

Toán đồ được xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.

Bảng I.19. Khối lượng riêng của oleum (axit sunfuric bốc hơi) ở 20°C [3.107]

Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Lượng SO_3 tự do, %	Tổng lượng SO_3, %	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Lượng SO_3 tự do, %	Tổng lượng SO_3, %
1837	2	8199	1904	22	8567
1843	4	8236	1911	24	8604
1849	6	8273	1917	26	8640
1856	8	8309	1924	28	8677
1862	10	8347	1931	30	8714
1869	12	8383	1937	32	8751
1876	14	8420	1943	34	8787
1883	16	8457	1949	36	8824
1890	18	8494	1955	38	8861
1897	20	8530	1961	40	8900

Bảng I.20. Khối lượng riêng của dung dịch axit sunfuric – nước (nồng độ loãng) [30.42]

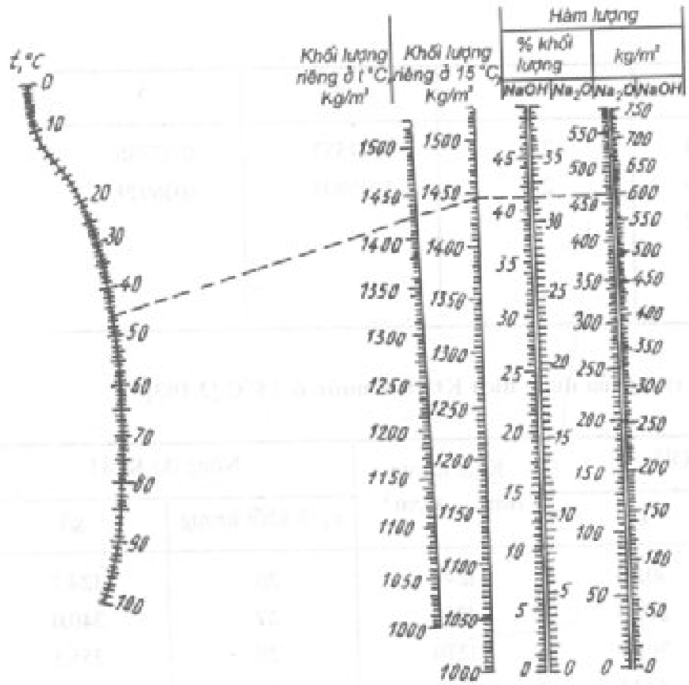
x, %	$d_4^{5,96}$	x, %	$d_4^{13,00}$	$d_4^{18,00}$
1	2	3	4	5
0,005	1,0000140	0,05	0,999810	0,999028
0,01	1,0000576	0,1	1,000185	0,999400
0,02	1,0001434	0,2	1,000912	1,000119
0,03	1,0002276	0,3	1,001623	1,000820
0,04	1,0003104	0,4	1,002326	1,001512
0,05	1,0003920	0,5	1,003023	1,002197
0,06	1,0004726	0,6	1,003716	1,002877
0,07	1,0005523	0,8	1,005090	1,004227
0,08	1,0006313	1,0	1,006452	1,005570
0,09	1,0007098	1,2	1,007807	1,006909
0,10	1,0007880	1,4	1,009159	1,008247
0,15	1,0011732	1,6	1,010510	1,009583
0,20	1,0015514	1,8	1,011860	1,010918
0,25	1,0019254	2,0	1,013209	1,012252

Tiếp bảng I.20

1	2	3	4	5
0,30	1,0022961	2,2	1,014557	1,013586
0,35	1,0026639	2,4	1,015904	1,016919
0,40	1,0030292			
0,45	1,0033923			
0,50	1,0037934			

Bảng I.21. **Khối lượng riêng của dung dịch KOH – nước ở 15°C [3.103]**

Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Nồng độ KOH		Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Nồng độ KOH	
	x, % khối lượng	g/l		x, % khối lượng	g/l
1008	1	10,08	1249	26	324,7
1018	2	20,35	1251	27	340,0
1027	3	30,80	1270	28	355,5
1036	4	41,44	1280	29	371,2
1045	5	52,26	1291	30	387,2
1054	6	63,26	1301	31	403,3
1064	7	74,46	1312	32	419,7
1073	8	85,84	1322	33	436,4
1082	9	97,42	1333	34	453,5
1092	10	109,2	1344	35	470,4
1101	11	121,1	1355	36	487,8
1111	12	133,3	1366	37	505,4
1120	13	145,6	1377	38	523,2
1130	14	158,2	1388	39	541,3
1140	15	170,9	1399	40	559,6
1149	16	183,9	1410	41	578,2
1159	17	197,0	1422	42	597,0
1169	18	210,4	1433	43	616,1
1179	19	223,9	1444	44	635,5
1188	20	237,7	1456	45	655,1
1198	21	251,7	1467	46	675,0
1208	22	265,8	1479	47	695,1
1218	23	280,2	1491	48	715,5
1229	24	294,8	1503	49	736,2
1239	25	309,7	1514	50	757,2



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ đã cho và khối lượng riêng của dung dịch ở nhiệt độ đó, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến khi cắt thang chia khối lượng riêng ở nhiệt độ 15°C - đó là giá trị phải tìm. Các đặc trưng kỹ thuật khác của dung dịch xác định bằng cách kẻ đường nằm ngang từ giao điểm nhận được đến các thang tương ứng.

Toán đồ xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.

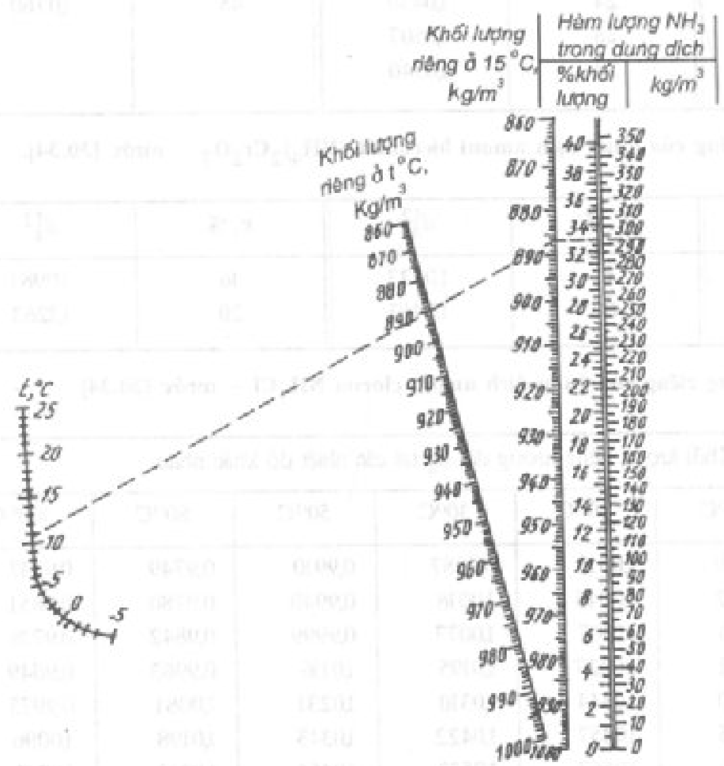
Hình I.10. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng và thành phần của dung dịch natri hiđroxit – nước ở nhiệt độ 15°C [49.24]**

Bảng I.22. **Khối lượng riêng của dung dịch natri hiđroxit - nước ở 20°C [3.103]**

Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Nồng độ NaOH		Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Nồng độ NaOH	
	x, % khối lượng	g/l		x, % khối lượng	g/l
1010	1	10,10	1285	26	334,0
1021	2	20,41	1295	27	349,8
1032	3	30,95	1306	28	365,8
1043	4	41,71	1317	29	382,1
1054	5	52,69	1328	30	398,4
1065	6	63,89	1339	31	415,1
1076	7	75,31	1349	32	431,7
1087	8	86,95	1359	33	448,7
1098	9	98,81	1370	34	465,7
1109	10	110,9	1380	35	483,3
1120	11	123,3	1390	36	500,4
1131	12	135,7	1400	37	518,1
1142	13	148,5	1410	38	535,8
1153	14	161,4	1420	39	553,9
1164	15	174,7	1430	40	572,0
1175	16	188,0	1440	41	590,3
1186	17	201,7	1449	42	608,7
1197	18	215,5	1459	43	627,5
1208	19	229,7	1469	44	646,1
1219	20	243,8	1478	45	665,0
1230	21	258,4	1487	46	684,2
1241	22	273,0	1497	47	703,5
1252	23	288,0	1507	48	723,1
1263	24	303,1	1516	49	742,9
1274	25	318,5	1525	50	762,7

Bảng I.23. **Khối lượng riêng của dung dịch natri hiđroxit – nước ở các nhiệt độ khác nhau [30.43].**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau						
	0°C	15°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1,0124	1,01065	1,0095	1,0033	0,9941	0,9824	0,9693
2	1,0244	1,02198	1,0207	1,0139	1,0045	0,9929	0,9797
4	1,0482	1,04441	1,0428	1,0352	1,0254	1,0139	1,0009
8	1,0943	1,08887	1,0869	1,0780	1,0676	1,0560	1,0432
12	1,1399	1,13327	1,1309	1,1210	1,1101	1,0983	1,0855
16	1,1849	1,17761	1,1751	1,1645	1,1531	1,1408	1,1277
20	1,2296	1,22183	1,2191	1,2079	1,1960	1,1833	1,1700
24	1,2741	1,26582	1,2629	1,2512	1,2388	1,2259	1,2124
28	1,3185	1,3094	1,3064	1,2942	1,1814	1,2682	1,2546
32	1,3614	1,3520	1,3490	1,3362	1,3332	1,3097	1,2960
36	1,4030	1,3933	1,3900	1,3768	1,3634	1,3498	1,3360
40	1,4435	1,4334	1,4300	1,4164	1,4027	1,3889	1,3750
44	1,4825	1,4720	1,4685	1,4545	1,4405	1,4266	1,4127
48	1,5210	1,5102	1,5065	1,4922	1,4781	1,4641	1,4503
50	1,5400	1,5290	1,5253	1,5109	1,4967	1,4827	1,4690



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ đã cho và khối lượng riêng của dung dịch ở nhiệt độ đó, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến khi cắt thang chia khối lượng riêng ở nhiệt độ 15°C – đó là giá trị phải tìm. Các đặc trưng kỹ thuật khác của dung dịch ở 15°C xác định bằng cách kẻ đường nằm ngang từ giao điểm nhận được đến các thang tương ứng.

Toán đồ được xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.

Hình I.11. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng và thành phần dung dịch amoniac – nước [49.25].**

Bảng I.24. **Khối lượng riêng của dung dịch amoniac NH_3 – nước [30.34]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau								x, %	d_4^{15}
	– 15°C	– 10°C	– 5°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C		
1	–	0,9943	0,9954	0,9959	0,9958	0,9955	0,9939	0,993	32	0,889
2	–	0,9906	0,9915	0,9919	0,9917	0,9913	0,9895	0,988	36	0,877
4	–	0,9834	0,9840	0,9842	0,9837	0,9832	0,9811	0,980	40	0,865
8	0,970	0,9701	0,9701	0,9695	0,9686	0,9677	0,9651	0,964	45	0,849
12	0,958	0,9676	0,9571	0,9561	0,9548	0,9534	0,9501	0,948	50	0,832
16	0,947	0,9461	0,9450	0,9435	0,9420	0,9402	0,9362	0,934	60	0,796
20	–	0,9353	0,9335	0,9316	0,9296	0,9275	0,9229	–	70	0,755
24	–	0,9249	0,9226	0,9202	0,9179	0,9155	0,9101	–	80	0,711
28	–	0,9150	0,9122	0,9094	0,9067	0,9040	0,8980	–	90	0,665
30	–	0,9101	0,9070	0,9040	0,9012	0,8983	0,8920	–	100	0,618

Bảng I.25. **Khối lượng riêng của dung dịch amoni axetat CH_3COONH_4 – nước [30.34]**

x, %	d_4^{25}	x, %	d_4^{25}	x, %	d_4^{25}
1	0,9992	16	1,0294	35	1,0618
2	1,0013	20	1,0368	40	1,0691
4	1,0055	24	1,0439	45	1,0760
8	1,0136	28	1,0507		
12	1,0216	30	1,0540		

Bảng I.26. **Khối lượng riêng của dung dịch amoni bicromat $(NH_4)_2Cr_2O_7$ – nước [30.34].**

x, %	d_4^{12}	x, %	d_4^{12}	x, %	d_4^{12}
1	1,0051	4	1,0223	16	1,0981
2	1,0108	8	1,0463	20	1,1263

Bảng I.27. **Khối lượng riêng của dung dịch amoni clorua NH_4Cl – nước [30.34]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau.						
	0°C	10°C	20°C	30°C	50°C	80°C	100°C
1	1,0033	1,0029	1,0013	0,9987	0,9910	0,9749	0,9617
2	1,0067	1,0062	1,0045	1,0018	0,9940	0,9780	0,9651
4	1,0135	1,0126	1,0107	1,0077	0,9999	0,9842	0,9718
8	1,0266	1,0251	1,0227	1,0195	1,0116	0,9963	0,9849
12	1,0391	1,0370	1,0344	1,0310	1,0231	1,0081	0,9975
16	1,0510	1,0485	1,0457	1,0422	1,0343	1,0198	1,0096
20	1,0625	1,0596	1,0567	1,0532	1,0454	1,0312	1,0213
24	1,0736	1,0705	1,0674	1,0641	1,0564	1,0426	1,0327

Bảng I.28. **Khối lượng riêng của dung dịch amoni cromat $(NH_4)_2CrO_4$ – nước [30.34].**

x, %	t, °C	d_4^t	x, %	t, °C	d_4^t
3,80	20	1,0219	19,75	13,7	1,1189
10,52	13	1,0627	28,04	19,6	1,1707

Bảng I.29. **Khối lượng riêng của dung dịch amoni nitrat NH_4NO_3 – nước [30.34]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau					
	0°C	10°C	20°C	40°C	60°C	80°C
1	1,0043	1,0039	1,0011	0,9961	0,9870	0,9755
2	1,0088	1,0082	1,0051	1,0000	0,9908	0,9793
4	1,0178	1,0168	1,0132	1,0079	0,9985	0,9896
8	1,0358	1,0340	1,0297	1,0238	1,0142	1,0024
12	1,0539	1,0515	1,0464	1,0400	1,0301	1,0181
16	1,0721	1,0691	1,0633	1,0565	1,0462	1,0342
20	1,0905	1,0870	1,0806	1,0734	1,0627	1,0506
24	1,1090	1,1051	1,0982	1,0907	1,0796	1,0673
28	1,1277	1,1234	1,1161	1,1082	1,0968	1,0844
30	1,1371	1,1327	1,1252	1,1171	1,1055	1,0931
40	1,1862	1,1810	1,1727	1,1640	1,1515	1,1385
50	1,2380	1,2320	1,2229	1,2136	1,2006	1,1868

Bảng I.30. **Khối lượng riêng của dung dịch amoni sunfat $(NH_4)_2SO_4$ – nước [30.34]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau				
	0°C	20°C	40°C	80°C	100°C
1	1,0061	1,0041	0,9980	0,9777	0,9644
2	1,0124	1,0101	1,0039	0,9836	0,9705
4	1,0248	1,0220	1,0155	0,9953	0,9826
8	1,0495	1,0456	1,0387	1,0187	1,0066
12	1,0740	1,0691	1,0619	1,0421	1,0303
16	1,0980	1,0924	1,0849	1,0653	1,0539
20	1,1215	1,1154	1,1077	1,0883	1,0772
24	1,1448	1,1383	1,1304	1,1111	1,1003
28	1,1677	1,1609	1,1529	1,1338	1,1232
35	1,2072	1,2000	1,1919	1,1731	1,1629
40	1,2350	1,2277	1,2196	1,2011	1,1910
50	1,2899	1,2825	1,2745	1,2568	1,2466

Bảng I.31. **Khối lượng riêng của dung dịch bari clorua $BaCl_2$ – nước [30.35]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau					
	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
2	1,0181	1,0159	1,0096	1,0004	0,9890	0,9755
4	1,0368	1,0341	1,0275	1,0181	1,0066	0,9931
8	1,0760	1,0721	1,0648	1,0551	1,0434	1,0299
12	1,1178	1,1128	1,1047	1,0948	1,0827	1,0692
16	1,1627	1,1564	1,1478	1,0373	1,1249	1,1113
20	1,2105	1,2031	1,1938	1,1828	1,1702	1,1563
24	–	1,2531	1,2430	1,2316	1,2186	1,2045
26	–	1,2793	1,2688	1,2571	1,1440	1,2298

Bảng I.32. **Khối lượng riêng của dung dịch canxi clorua $CaCl_2$ – nước [30.37]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau									
	–5°C	0°C	20°C	30°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C(1)	140°C
2	–	1,0171	1,0148	1,0120	1,0084	0,9994	0,9881	0,9748	0,9596	0,9428
4	–	1,0346	1,0316	1,0286	1,0249	1,0158	1,0016	0,9915	0,9765	0,9601
8	1,0708	1,0703	1,0659	1,0626	1,0586	1,0492	1,0382	1,0257	1,0111	0,9954
12	1,1083	1,1072	1,1015	1,0978	1,0937	1,0840	1,0730	1,0610	1,0466	1,0317
16	1,1471	1,1454	1,1386	1,1345	1,1301	1,1202	1,1092	1,0973	1,0835	1,0691
20	1,1874	1,1853	1,1775	1,1730	1,1684	1,1581	1,1471	1,1352	1,1219	1,1080
25	–	1,2376	1,2284	1,2236	1,2186	1,2079	1,1965	1,1816		
30	–	1,2922	1,2816	1,2764	1,2709	1,2597	1,2478	1,2359		
35	–	–	1,3373	1,3316	1,3255	1,3137	1,3013	1,2893		
40	–	–	1,3957	1,3895	1,3826	1,3700	1,3571	1,3450		

Chú thích: 1) đã hiệu chỉnh về áp suất khí quyển.

Bảng I.33. **Khối lượng riêng của dung dịch canxi hiđroxit $Ca(OH)_2$ – nước [30.37]**

x, %	d_4^{15}	d_4^{25}
0,05	0,99979	0,99773
0,10	1,00044	0,99838
0,15	1,00110	0,99904

Bảng I.34. **Khối lượng riêng của dung dịch canxi nitrat $(Ca(NO_3)_2$ – nước [30.37]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau				x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau			
	6°C	18°C	25°C	30°C		6°C	18°C	25°C	30°C
2	1,0157	1,0137	1,0120	1,0105	25	1,2168	1,2106	1,2065	1,2032
4	1,0316	1,0291	1,0272	1,0256	30	–	1,260	–	–
8	1,0641	1,0608	1,0585	1,0565	35	–	1,311	–	–
12	1,0979	1,0937	1,0911	1,0887	40	–	1,365	–	–
16	1,1330	1,1279	1,1250	1,1224	45	–	1,422	–	–
20	1,1694	1,1636	1,1602	1,1575	68(1)	–	1,747	1,741	1,736

Chú thích: 1) tetrahiđrat quá lạnh (nhiệt độ nóng chảy 41,4°C).

Bảng I.35. **Khối lượng riêng của dung dịch vôi clorua(1) – nước [30.36]**

Nồng độ chung của tất cả các muối x, %	d_4^{15}	Nồng độ chung của tất cả các muối x, %	d_4^{15}	Nồng độ chung của tất cả các muối x, %	d_4^{15}
2	1,0169	6	1,0520	10	1,0876
4	1,0345	8	1,0697	12	1,1060

Chú thích: 1) thành phần $CaOCl_2$ 89,15% ; $CaCl_2$ 7,31% ; $Ca(ClO_3)_2$ 0,26% ; $Ca(OH)_2$ 2,92% .

Bảng I.36. **Khối lượng riêng của dung dịch đồng (II) nitrat $Cu(NO_3)_2$ – nước [30.43]**

x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}
1	1,007	4	1,032	12	1,107	20	1,189
2	1,015	8	1,069	16	1,147	25	1,248

Bảng I.37. **Khối lượng riêng của dung dịch đồng (II) sunfat $CuSO_4$ – nước [30.43]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau			x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau		
	0°C	20°C	40°C		0°C	20°C	40°C
1	1,0104	1,0086	1,0024	12	1,1379	1,1308	1,1222
4	1,0429	1,0401	1,0332	16	–	1,180	–
8	1,0887	1,084	1,0764	18		1,206	–

Bảng I.38. **Khối lượng riêng của dung dịch hiđro bromua HBr – nước [30.35]**

x, %	d_4^4	d_4^{10}	d_4^{25}	x, %	d_4^4	d_4^{10}	d_4^{25}
1	1,0073	1,0068	1,0041	20	1,1640	1,1615	1,1557
2	1,0146	1,0139	1,0111	22	1,1832	1,1806	1,1743
4	1,0295	1,0285	1,0256	24	1,2030	1,2003	1,1935
6	1,0448	1,0435	1,0402	26	1,2235	1,2206	1,2134
8	1,0604	1,0589	1,0552	28	1,2446	1,2415	1,2340
10	1,0764	1,0747	1,0707	30	1,2663	1,2630	1,2552
12	1,0928	1,0910	1,0867	40	1,3877	1,3838	1,3736
14	1,1097	1,1078	1,1032	50	1,5305	1,5257	1,5127
16	1,1272	1,1251	1,1202	60	1,6950	1,6892	1,6731
18	1,1453	1,1430	1,1377	65	1,7854	1,7792	1,7613

Bảng I.39. **Khối lượng riêng của dung dịch hiđro florua HF – nước [30.35]**

x, %	d_4^{20}	d_4^{0}	x, %	d_4^{20}
5	1,020	1,017	60	1,235
10	1,040	1,035	70	1,258
20	1,080	1,070	80	1,259
30	1,119	1,101	90	1,178
40	1,159	1,130	95	1,089
50	1,198	1,155	100	1,0005

Bảng I.40. **Khối lượng riêng của dung dịch hiđro peoxit H_2O_2 – nước [30.35]**

x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}
1	1,0022	14	1,0499	28	1,1040	55	1,2188
2	1,0058	16	1,0574	30	1,1122	60	1,2416
4	1,0131	18	1,0649	35	1,1327	70	1,2897
6	1,0204	20	1,0725	40	1,1536	80	1,3406
8	1,0277	22	1,0802	45	1,1748	90	1,3931
10	1,0351	24	1,0880	50	1,1966	100	1,4465
12	1,0425	26	1,0959				

Bảng I.41. **Khối lượng riêng của dung dịch hiđro xianua HCN – nước [30.35]**

x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}
1	0,998	8	0,984	82	0,752
2	0,996	12	0,971	90	0,724
4	0,993	16	0,956	100	0,691

Bảng I.42. Khối lượng riêng của dung dịch kali clorua KCl – nước [30.37]

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau						
	0°C	20°C	25°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1,0	1,00661	1,00462	1,00342	0,99847	0,9894	0,9780	0,9646
2,0	1,01335	1,01103	1,00977	1,00471	0,9956	0,9842	0,9708
4,0	1,02690	1,02391	1,02255	1,01727	1,0080	0,9966	0,9834
8,0	1,05431	1,05003	1,04847	1,04278	1,0333	1,0219	1,0088
12,0	1,08222	1,07679	1,07506	1,06897	1,0592	1,0478	1,0350
16,0	1,11068	1,10434	1,10245	1,09600	1,0861	1,0746	1,0619
20,0	1,13973	1,13280	1,13072	1,12399	1,1138	1,1024	1,0897
24,0	–	1,16226	1,15995	1,15299	1,1425	1,1311	1,1185
28,0	–	–	–	1,18304	1,1723	1,1609	1,1483

Bảng I.43. Khối lượng riêng của dung dịch kali hiđrocacbonat $KHCO_3$ – nước [30.36]

t, °C	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nồng độ khác nhau (1)			t, °C	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nồng độ khác nhau		
	1%	2%	4%		1%	2%	4%
0	1,0066	1,0134	1,0270	40	0,9990	1,0058	1,0195
10	1,0064	1,0132	1,0268	50	0,9949	1,0017	1,0154
15	1,0058	1,0125	1,0260	60	0,9901	0,9969	1,0106
20	1,0049	1,0117	1,0252	80	0,9786	0,9855	0,9993
30	1,0024	1,0092	1,0228	100	0,9653	0,9722	0,9860

Chú thích: 1) tại nồng độ 6% – d_4^{15} = 1,0396; tại nồng độ 8% – d_4^{15} = 1,0534; tại nồng độ 10% – d_4^{15} = 1,0674.

Bảng I.44. Khối lượng riêng của dung dịch kali cacbonat K_2CO_3 – nước [30.36]

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau						
	0°C	10°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1,0094	1,0089	1,0072	1,0010	0,9919	0,9803	0,9670
2	1,0189	1,0182	1,0163	1,0098	1,0005	0,9889	0,9756
4	1,0381	1,0369	1,0345	1,0276	1,0180	1,0063	0,9931
8	1,0768	1,0746	1,0715	1,0640	1,0538	1,0418	1,0291
12	1,1160	1,1131	1,1096	1,1013	1,0906	1,0786	1,0663
16	1,1562	1,1530	1,1490	1,1399	1,1290	1,1170	1,1049
20	1,1977	1,1941	1,1898	1,1801	1,1690	1,1570	1,1451
24	1,2405	1,2366	1,2320	1,2219	1,2106	1,1986	1,1869
28	1,2846	1,2804	1,2756	1,2652	1,2538	1,2418	1,2301
30	1,3071	1,3028	1,2979	1,2873	1,2759	1,2640	1,2522
35	1,3648	1,3600	1,3548	1,3440	1,3324	1,3206	1,3089
40	1,4244	1,4195	1,4141	1,4029	1,3913	1,3795	1,3678
45	1,4867	1,4815	1,4759	1,4644	1,4528	1,4408	1,4290
50	1,5517	1,5462	1,5404	1,5285	1,5169	1,5048	1,4928

Bảng I.45. **Khối lượng riêng của dung dịch kali clorat $KClO_3$ – nước [30.37]**

t, °C	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau			
	1%	2%	3%	4%
0	1,0061	1,0124	1,0189	1,0256
10	1,0059	1,0122	1,0187	1,0254
20	1,0045	1,0109	1,0174	1,0241
30	1,0020	1,0085	1,0151	1,0218
40	0,9986	1,0051	1,0116	1,0183
60	0,9895	0,9959	1,0024	1,0091
80	0,9781	0,9845	0,9910	0,9977
100	0,9646	0,9709	0,9774	0,9840

Bảng I.46 **Khối lượng riêng của dung dịch kali nitrat KNO_3 – nước [30.37]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau						
	0°C	10°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1,00654	1,00615	1,00447	0,99825	0,9890	0,9776	0,9641
2	1,01326	1,01262	1,01075	1,00430	0,9949	0,9834	0,9699
4	1,02677	1,02566	1,02344	1,01652	1,0068	0,9951	0,9816
8	1,05419	1,05226	1,04940	1,04152	1,0313	1,0192	1,0056
12	1,08221	1,07963	1,07620	1,06740	1,0567	1,0442	1,0304
16	–	–	1,10392	1,09432	1,0831	1,0703	1,0562
20	–	–	1,13261	1,12240	1,1106	1,0974	0,0831
24	–	–	1,16233	1,15175	1,1391	1,0256	1,1110

Bảng I.47. **Khối lượng riêng của dung dịch kali sunfat K_2SO_4 – nước [30.37]**

x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}
1	1,0063	4	1,0310	8	1,0646
2	1,0145	6	1,0477	10	1,0817

Bảng I.48. **Khối lượng riêng của dung dịch kali sunfit K_2SO_3 – nước [30.37]**

x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}
1	1,0073	8	1,0667	20	1,1793
2	1,0155	12	1,1026	24	1,2197
4	1,0322	16	1,1402	26	1,2404

Bảng I.49. **Khối lượng riêng của dung dịch kẽm clorua $ZnCl_2$ – nước [30.37]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau					
	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
2	1,0192	1,0167	1,0099	1,0003	0,9882	0,9739
4	1,0384	1,0350	1,0274	1,0172	1,0044	0,9894
8	1,0769	1,0715	1,0624	1,0508	1,0369	1,0211
12	1,1159	1,1085	1,0980	1,0853	1,0704	1,0514
16	1,1558	1,1468	1,1350	1,1212	1,1055	1,0888
20	1,1970	1,1866	1,1736	1,1590	1,1428	1,1253
30	1,3062	1,2928	1,2778	1,2614	1,2438	1,2252
40	1,4329	1,4173	1,4003	1,3824	1,3637	1,3441
50	1,5860	1,5681	1,5495	1,5300	1,5097	1,4892
60	–	1,7491				
70	–	1,962				

Bảng I.50. **Khối lượng riêng của dung dịch kẽm sunfat $ZnSO_4$ – nước [30.46]**

x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}
2	1,019	6	1,0620	10	1,1071	14	1,1553
4	1,0403	8	1,0842	12	1,1308	16	1,1806

Bảng I.51. **Khối lượng riêng của dung dịch magiê clorua $MgCl_2$ – nước [30.43]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau					
	0°C	10°C	40°C	60°C	80°C	100°C
2	1,0168	1,0146	1,0084	0,9995	0,9883	0,9753
4	1,0338	1,0311	1,0248	1,0159	1,0050	0,9923
8	1,0683	1,0646	1,0580	1,0493	1,0388	1,0269
12	1,1035	1,0989	1,0921	1,0836	1,0735	1,0622
16	1,1395	1,1342	1,1272	1,1188	1,1092	1,0984
20	1,1764	1,1706	1,1635	1,1552	1,1460	1,1359
25	1,2246	1,2184	1,2111	1,2031	1,1942	1,1847
30	1,2754	1,2688	1,2614	1,2535	1,2451	1,2360

Bảng I.52. **Khối lượng riêng của dung dịch magiê sunfat $MgSO_4$ – nước [30.43]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau						
	0°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C
2	1,0210	1,0186	1,0158	1,0123	1,0081	1,0032	0,9916
4	1,0423	1,0392	1,0362	1,0326	1,0283	1,0234	1,0118
8	1,0858	1,0816	1,0782	1,0743	1,0700	1,0650	1,0534
12	1,1309	1,1256	1,1220	1,1179	1,1135	1,1083	1,0968
16	1,1777	1,1717	1,1679	1,1637	1,1592		
20	1,2264	1,2198	1,2159	1,2117	1,2072		
26	1,3032	1,2961	1,2922	1,2879	1,2836		

Bảng I.53. **Khối lượng riêng của dung dịch natri axetat CH_3COONa – nước [30.43]**

x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}
1	1,0033	8	1,0392	20	1,1021
2	1,0084	12	1,0598	26	1,1351
4	1,0186	18	1,0807	28	1,1462

Bảng I.54. **Khối lượng riêng của dung dịch natri bicromat $Na_2Cr_2O_7$ – nước [30.43]**

x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}
1	1,006	12	1,084	28	1,193	40	1,279
2	1,013	16	1,112	30	1,207	45	1,312
4	1,027	20	1,140	35	1,244	50	1,342
8	1,056	24	1,166				

Bảng I.55. **Khối lượng riêng của dung dịch natri bromua NaBr – nước [30.43]**

x, %	d_4^{17}	x, %	d_4^{17}	x, %	d_4^{17}
1	1,0060	8	1,0631	20	1,1745
2	1,0139	10	1,0803	30	1,28
4	1,0298	12	1,0981	40	1,4138

Bảng I.56. **Khối lượng riêng của dung dịch natri cacbonat Na_2CO_3 – nước [30.44]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau							
	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1,0109	1,0103	1,0086	1,0058	1,0022	0,9929	0,9814	0,9683
2	1,0219	1,0210	1,0190	1,0159	1,0122	1,0027	0,9910	0,9785
4	1,0439	1,0423	1,0398	1,0363	1,0323	1,0223	1,0105	0,9980
8	1,0878	1,0850	1,0816	1,0775	1,0732	1,0625	1,0503	1,0380
12	1,1319	1,1284	1,1244	1,1200	1,1150	1,1039	1,0914	1,0787
14	1,1543	1,1506	1,1463	1,1417	1,1365	1,1251	1,1125	1,0996
16	–	–	–	1,1636				
18	–	–	–	1,1859				
20	–	–	–	1,2086				
24	–	–	–	1,2552				
28	–	–	–	1,3031				
30	–	–	–	1,3274				

Bảng I.57. **Khối lượng riêng của dung dịch natri clorua NaCl – nước tại các thành phần và nhiệt độ khác nhau [30.45]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau						
	0°C	10°C	25°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1,00747	1,00707	1,00409	0,99908	0,9900	0,9785	0,9651
2	1,01509	1,01442	1,01112	1,00593	0,9967	0,9852	0,9719
4	1,03038	1,02920	1,02530	1,01977	1,0103	0,9988	0,9855
8	1,06121	1,05907	1,05412	1,04798	1,0381	1,0261	1,0134
12	1,09244	1,08946	1,08365	1,07699	1,0667	1,0549	1,0420
16	1,12419	1,12056	1,11401	1,10688	1,0962	1,0842	1,0713
20	1,15663	1,15254	1,14533	1,13774	1,1268	1,1146	1,1017
24	1,18999	1,18557	1,17776	1,16971	1,1584	1,1463	1,1331
26	1,20709	1,20254	1,19443	1,18614	1,1747	1,1626	1,1492

Bảng I.58. **Khối lượng riêng của dung dịch natri cromat Na_2CrO_4 – nước [30.45]**

x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}
1	1,0074	8	1,0718	20	1,1942
2	1,0164	12	1,1110	24	1,2383
4	1,0344	16	1,1518	26	1,2611

Bảng I.59. **Khối lượng riêng của dung dịch natri nitrat $NaNO_3$ – nước [30.44]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau					
	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1,0071	1,0049	0,9986	0,9894	0,9779	0,9644
2	1,0144	1,0117	1,0050	1,9956	0,9840	1,9704
4	1,0290	1,0254	1,0180	1,0082	0,9964	1,9826
8	1,0587	1,0532	1,0447	1,0340	1,0218	1,0078
12	1,0891	1,0819	1,0724	1,0609	1,0481	1,0340
16	1,1203	1,1118	1,1013	1,0892	1,0757	1,0614
20	1,1526	1,1429	1,1314	1,1187	1,1048	1,0901
24	1,1860	1,1752	1,1629	1,1496	1,1351	1,1200
28	1,2204	1,2085	1,1955	1,1816	1,1667	1,1513
30	1,2380	1,2256	1,2122	1,1980	1,1830	1,1674
35	1,2834	1,2701	1,2560	1,2413	1,2258	1,2100
40	1,3316	1,3175	1,3027	1,2875	1,2715	1,2555
45		1,3683	1,3525	1,3371	1,3206	1,3344

Bảng I.60. **Khối lượng riêng của dung dịch natri clorat $NaClO_3$ – nước [30.45]**

x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}
1	1,0053	10	1,0681	20	1,1449	28	1,2128
2	1,0121	12	1,0827	22	1,1614	30	1,2307
4	1,0258	14	1,0977	24	1,1782	32	1,2491
6	1,0397	16	1,1131	26	1,1954	34	1,2680
8	1,0538	18	1,1288				

Bảng I.61. **Khối lượng riêng của dung dịch natri clorua NaCl – nước ở 20° [3.102]**

Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Lượng NaCl, g		Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Lượng NaCl, g	
	trong 100 g	trong 1l		trong 100 g	trong 1l
1005	1	10,1	1109	15	166
1013	2	20,3	1116	16	179
1020	3	30,6	1124	17	191
1027	4	41,1	1132	18	204
1034	5	51,7	1140	19	217
1041	6	62,5	1148	20	230
1049	7	73,4	1156	21	243
1056	8	84,5	1164	22	256
1063	9	95,6	1172	23	270
1071	10	107,1	1180	24	283
1078	11	118	1189	25	297
1086	12	130	1197	26	311
1093	13	142	1200	26,4	318
1101	14	154			

Bảng I.62. **Khối lượng riêng của dung dịch natri nitrit $NaNO_2$ – nước [30.44]**

x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}
1	1,0058	4	1,0260	12	1,0816	20	1,1398
2	1,0125	8	1,0532	16	1,1103		

Bảng I.63. **Khối lượng riêng của dung dịch natri silicat – nước [30.44]**

Thành phần	Khối lượng riêng tương đối d_4^{20} tại các nồng độ khác nhau												
	1%	2%	4%	8%	10%	14%	20%	24%	30%	36%	40%	45%	50%
$Na_2O/3,9SiO_2$	1,006	1,014	1,030	1,063	1,080	1,116	1,172	1,211	1,275				
$Na_2O/3,36SiO_2$	1,006	1,014	1,030	1,065	1,083	1,120	1,179	1,222	1,290	1,365			
$Na_2O/2,40SiO_2$	1,007	1,016	1,034	1,071	1,090	1,130							
$Na_2O/2,44SiO_2$	–	–	–	–	–	–	–	–	1,309	1,387	1,445		
$Na_2O/2,06SiO_2$	1,007	1,016	1,035	1,073	1,093	1,134	1,200	1,247	1,321	1,397	1,450	1,520	1,594
$Na_2O/1,69SiO_2$	1,007	1,017	1,036	1,077	1,098	1,141	1,210	1,259	1,337	1,424			

Bảng I.64. **Khối lượng riêng của dung dịch natri sunfat Na_2SO_4 – nước [30.44]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nồng độ khác nhau						
	0°C	20°C	30°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1,0094	1,0073	1,0046	1,0010	0,9919	0,9808	0,9671
2	1,0189	1,0164	1,0135	1,0098	1,0007	0,9898	0,9758
4	1,0381	1,0348	1,0315	1,0276	1,0184	1,0068	0,9934
8	1,0773	1,0724	1,0682	1,0639	1,0544	1,0426	1,0292
12	1,1174	1,1109	1,1062	1,1015	1,0915	1,0795	1,0661
16	1,1588	1,1506	1,1456	1,1406	1,1299	1,1176	1,1042
20	1,2008	1,1915	1,1865	1,1813	1,1696	1,1569	
24	1,2443	1,2326	1,2292	1,2234			

Bảng I.65. **Khối lượng riêng của dung dịch natri sunfit Na_2SO_3 – nước [30.44]**

x, %	d_4^{19}	x, %	d_4^{19}	x, %	d_4^{19}
1	1,0078	8	1,0751	16	1,1549
2	1,0172	12	1,1146	18	1,1755
4	1,0363				

Bảng I.66. **Khối lượng riêng của dung dịch natri tiosunfat $Na_2S_2O_3$ – nước [30.44]**

x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}
1	1,0065	12	1,1003	28	1,1532	35	1,3273
2	1,0148	20	1,1740	30	1,2937	40	1,3827
4	1,0315	24	1,2128				

Bảng I.67. **Khối lượng riêng của dung dịch natri tiosunfat $Na_2S_2O_4 \cdot 5H_2O$ – nước [30.45]**

x, %	d_4^{19}	x, %	d_4^{19}	x, %	d_4^{19}	x, %	d_4^{19}
1	1,0052	8	1,0423	20	1,1087	30	1,1676
2	1,0105	12	1,0639	24	1,1322	40	1,2297
4	1,0211	16	1,0863	28	1,1558	50	1,2954

Bảng 1.68. **Khối lượng riêng của dung dịch niken clorua $NiCl_2$ – nước [30.45]**

x, %	d_4^{13}	x, %	d_4^{13}	x, %	d_4^{13}	x, %	d_4^{13}
1	1,0082	4	1,0375	12	1,1217	20	1,2163
2	1,0179	8	1,0785	16	1,1674	30	1,353

Bảng 1.69. **Khối lượng riêng của dung dịch niken nitrat $Ni(NO_3)_2$–nước [30.45]**

x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}	x, %	d_4^{20}
1	1,0065	8	1,0688	20	1,191
2	1,0150	12	1,0070	30	1,311
4	1,0325	16	1,1480	35	1,377

Bảng 1.70. **Khối lượng riêng của dung dịch niken sunfat $NiSO_4$–nước [30.45]**

x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}
1	1,0091	8	1,0852	16	1,1825
2	1,0198	12	1,1325	18	1,2090
4	1,0415				

Bảng 1.71. **Khối lượng riêng của dung dịch nhôm sunfat $Al_2(SO_4)_3$–nước [30.34]**

x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}
1	1,0093	8	1,0837	16	1,1770	24	1,2803
2	1,0195	12	1,1293	20	0,2272	26	1,3079
4	1,0404						

Bảng 1.72. **Khối lượng riêng của dung dịch phèn kalicrôm $K_2Cr_2(SO_4)_4$–nước [30.37]**

x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}
1	1,007	10	1,089	20	1,193	40	1,456
2	1,016	14	1,129	30	1,315	50	1,615
6	1,052						

Bảng 1.73. **Khối lượng riêng của dung dịch sắt (III) clorua $FeCl_3$–nước [30.36]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau				x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau			
	0°C	10°C	20°C	30°C		0°C	10°C	20°C	30°C
1	1,0086	1,0084	1,0068	1,0040	25	1,2400	1,2380	1,2340	1,2290
2	1,0174	1,0168	1,0152	1,0122	30	1,2970	1,2950	1,2910	1,2850
4	1,0347	1,0341	1,0324	1,0292	35	1,3605	1,3580	1,3530	1,3475
8	1,0703	1,0692	1,0669	1,0636	40	1,4280	1,4235	1,4175	1,4115
12	1,1088	1,1071	1,1040	1,1006	45	–	1,4920	1,4850	
16	1,1475	1,1449	1,1418	1,1386	50	–	1,5610	1,5510	
20	1,1870	1,1847	1,1820	1,1786					

Bảng 1.74. **Khối lượng riêng của dung dịch sắt (II) nitrat $Fe(NO_3)_2$–nước [30.35]**

x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}	x, %	d_4^{18}
1	1,0065	4	1,0304	12	1,0989	20	1,1748
2	1,0144	8	1,0636	16	1,1359	25	1,2281

Bảng I.75 **Khối lượng riêng của dung dịch sắt (II) sunfat $FeSO_4$ – nước [30.36]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau		
	15°C	18°C	20°C
0,2	–	1,00068	1,0002
0,4	–	1,00275	1,0022
0,8	–	1,00645	1,0062
1,0	1,0090	1,0085	1,0082
4,0	1,0380	1,0375	
8,0	1,0790	1,0785	
12,0	1,1235	1,1220	
16,0	1,1690	1,1675	
20,0	1,2150	1,2135	

Bảng I.76. **Khối lượng riêng của dung dịch sắt (III) sunfat $Fe_2(SO_4)_3$ – nước [30.36]**

x, %	$d_4^{17,5}$	x, %	$d_4^{17,5}$	x, %	$d_4^{17,5}$	x, %	$d_4^{17,5}$
1	1,0072	8	1,0670	20	1,1811	50	1,6127
2	1,0157	12	1,1028	30	1,3073	60	1,7983
4	1,0327	16	1,1409	40	1,4487		

Bảng I.77. **Khối lượng riêng của dung dịch thiếc (II) clorua $SnCl_2$–nước [30.45]**

x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}
1	1,0068	16	1,1353	30	1,2837	50	1,5729
2	1,0146	20	1,1743	35	1,3461	55	1,6656
4	1,0306	24	1,2159	40	1,4145	60	1,7695
8	1,0638	28	1,2603	45	1,4897	65	1,8865
12	1,0986						

Bảng I.78. **Khối lượng riêng của dung dịch thiếc teraclorua $SnCl_4$–nước [30.45]**

x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}	x, %	d_4^{15}
1	1,007	16	1,135	35	1,337	55	1,644
2	1,015	20	1,173	40	1,405	60	1,742
4	1,031	24	1,212	45	1,473	65	1,851
8	1,064	28	1,255	50	1,555	70	1,971
12	1,099	30	1,278				

Bảng I.79. **Khối lượng riêng của dung dịch anbumin – nước ở 17,5°C [39.389]**

x, %	d', kg/m³	x, %	d', kg/m³	x, %	d', kg/m³	x, %	d', kg/m³
1	1002,6	10	1026,1	30	1078,0	45	1120,4
2	1005,4	15	1038,4	35	1091,9	50	1135,2
3	1007,8	20	1051,5	40	1105,8	55	1151,1
5	1013,0	25	1064,4				

Bảng I.80. **Khối lượng riêng của dung dịch axetanđehit CH_3CHO – nước [39.389]**

x, %	t, °C	d', kg/m³	x, %	t, °C	d', kg/m³
15,86	19,0	1002,8	70,24	18,6	923,6
44,90	19,4	985,7	70,90	18,4	917,0
55,03	18,4	972,5	85,47	18,6	954,4
60,18	19,0	958,6	100	19,0	783,0

Bảng I.81. **Khối lượng riêng của dung dịch axeton CH_3COCH_3 – nước ở 25°C [39.389]**

x, %	d', kg/m³	x, %	d', kg/m³	x, %	d', kg/m³	x, %	d', kg/m³
0	997	30	954	55	904	80	843
5	990	35	945	60	893	85	830
10	983	40	937	65	881	90	816
15	976	45	927	70	869	95	802
20	969	50	916	75	856	100	786
25	961						

Bảng I.82. **Khối lượng riêng của dung dịch axit axetic CH_3COOH – nước [30.48]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau						
	0°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	40°C
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,9999	0,9997	0,9991	0,9982	0,9971	0,9957	0,9922
1	1,0016	1,0013	1,0006	0,9996	0,9987	0,9971	0,9934
2	1,0033	1,0029	1,0021	1,0012	1,0000	1,9964	0,9946
3	1,0051	1,0044	1,0036	1,0025	1,0013	1,9997	0,9958
4	1,0070	1,0060	1,0051	1,0040	1,0027	1,0011	0,9970
5	1,0088	1,0076	1,0066	1,0055	1,0041	1,0024	0,9982
6	1,0106	1,0092	1,0081	1,0069	1,0055	1,0037	0,9994
7	1,0124	1,0108	1,0096	1,0083	1,0068	1,0050	1,0006
8	1,0142	1,0124	1,0111	1,0097	1,0081	1,0063	1,0018
9	1,0159	1,0140	1,0126	1,0111	1,0094	1,0076	1,0030
10	1,0177	1,0156	1,0141	1,0125	1,0107	1,0089	1,0042
11	1,0194	1,0171	1,0155	1,0139	1,0120	1,0102	1,0054
12	1,0211	1,0187	1,0170	1,0154	1,0133	1,0105	1,0065
13	1,0228	1,0202	1,0184	1,0168	1,0146	1,0127	1,0077
14	1,0245	1,0217	1,0199	1,0182	1,0159	1,0139	1,0088
15	1,0262	1,0232	1,0213	1,0195	1,0172	1,0151	1,0099
16	1,0278	1,0247	1,0227	1,0209	1,0185	1,0163	1,0110
17	1,0295	1,0262	1,0241	1,0223	1,0198	1,0175	1,0121
18	1,0311	1,0276	1,0255	1,0236	1,0216	1,0187	1,0132
19	1,0327	1,0291	1,0269	1,0250	1,0223	1,0198	1,0142
20	1,0343	1,0305	1,0283	1,0263	1,0235	1,0210	1,0153
21	1,0358	1,0319	1,0297	1,0276	1,0248	1,0222	1,0164
22	1,0374	1,0333	1,0310	1,0288	1,0260	1,0233	1,0174
23	1,0389	1,0347	1,0323	1,0301	1,0272	1,0244	1,0185
24	1,0404	1,0361	1,0336	1,0313	1,0283	1,0256	1,0195
25	1,0419	1,0375	1,0349	1,0326	1,0295	1,0267	1,0205
26	1,0434	1,0388	1,0362	1,0338	1,0307	1,0278	1,0215
27	1,0449	1,0401	1,0374	1,0349	1,0318	1,0289	1,0225
28	1,0463	1,0414	1,0386	1,0361	1,0329	1,0299	1,0234
29	1,0477	1,0427	1,0399	1,0372	1,0340	1,0310	1,0244
30	1,0491	1,0440	1,0411	1,0384	1,0350	1,0320	1,0253
31	1,0505	1,0453	1,0423	1,0395	1,0361	1,0330	1,0262
32	1,0519	1,0465	1,0435	1,0406	1,0372	1,0341	1,0272
33	1,0532	1,0477	1,0446	1,0417	1,0382	1,0351	1,0281

Tiếp bảng 1.82

1	2	3	4	5	6	7	8
34	1,0545	1,0489	1,0458	1,0428	1,0392	1,0361	1,0289
35	1,0558	1,0501	1,0469	1,0438	1,0402	1,0371	1,0298
36	1,0571	1,0513	1,0480	1,0449	1,0412	1,0380	1,0306
37	1,0584	1,0524	1,0491	1,0459	1,0422	1,0390	1,0314
38	1,0596	1,0535	1,0501	1,0469	1,0432	1,0399	1,0322
39	1,0608	1,0546	1,0512	1,0479	1,0441	1,0408	1,0330
40	1,0621	1,0557	1,0522	1,0488	1,0450	1,0416	1,0338
41	1,0633	1,0568	1,0532	1,0496	1,0460	1,0425	1,0346
42	1,0644	1,0578	1,0542	1,0507	1,0469	1,0433	1,0353
43	1,0656	1,0588	1,0551	1,0516	1,0477	1,0441	1,0361
44	1,0667	1,0598	1,0561	1,0525	1,0486	1,0449	1,0368
45	1,0679	1,0608	1,0570	1,0534	1,0495	1,0456	1,0375
46	1,0689	1,0618	1,0579	1,0542	1,0503	1,0464	1,0382
47	1,0699	1,0627	1,0588	1,0551	1,0511	1,0471	1,0389
48	1,0709	1,0636	1,0597	1,0559	1,0518	1,0479	1,0395
49	1,0720	1,0645	1,0605	1,0567	1,0526	1,0486	1,0402
50	1,0729	1,0654	1,0613	1,0575	1,0534	1,0492	1,0408
51	1,0738	1,0663	1,0622	1,0582	1,0542	1,0499	1,0414
52	1,0748	1,0671	1,0629	1,0590	1,0549	1,0506	1,0421
53	1,0757	1,0679	1,0637	1,0597	1,0555	1,0512	1,0427
54	1,0765	1,0687	1,0644	1,0604	1,0562	1,0518	1,0432
55	1,0774	1,0694	1,0651	1,0611	1,0568	1,0525	1,0438
56	1,0782	1,0701	1,0658	1,0618	1,0574	1,0531	1,0443
57	1,0790	1,0708	1,0665	1,0624	1,0580	1,0536	1,0448
58	1,0798	1,0715	1,0672	1,0631	1,0586	1,0542	1,0453
59	1,0805	1,0722	1,0678	1,0637	1,0592	1,0547	1,0458
60	1,0813	1,0728	1,0684	1,0642	1,0597	1,0552	1,0462
61	1,0820	1,0734	1,0690	1,0648	1,0602	1,0557	1,0466
62	1,0826	1,0740	1,0696	1,0653	1,0607	1,0562	1,0470
63	1,0833	1,0746	1,0701	1,0658	1,0612	1,0566	1,0473
64	1,0838	1,0752	1,0706	1,0662	1,0616	1,0571	1,0477
65	1,0844	1,0757	1,0711	1,0666	1,0621	1,0575	1,0480
66	1,0850	1,0762	1,0716	1,0671	1,0624	1,0578	1,0483
67	1,0856	1,0767	1,0720	1,0675	1,0628	1,0582	1,0486
68	1,0860	1,0771	1,0725	1,0678	1,0631	1,0585	1,0489
69	1,0865	1,0775	1,0729	1,0682	1,0634	1,0588	1,0491
70	1,0869	1,0779	1,0732	1,0685	1,0637	1,0590	1,0493
71	1,0874	1,0783	1,0736	1,0687	1,0640	1,0592	1,0495
72	1,0877	1,0786	1,0738	1,0690	1,0642	1,0594	1,0496
73	1,0881	1,0789	1,0741	1,0693	1,0644	1,0595	1,0497
74	1,0884	1,0792	1,0743	1,0694	1,0645	1,0596	1,0498
75	1,0887	1,0794	1,0745	1,0696	1,0647	1,0597	1,0499

Tiếp bảng I.82

1	2	3	4	5	6	7	8
76	1,0889	1,0796	1,0746	1,0698	1,0648	1,0598	1,0499
77	1,0891	1,0797	1,0747	1,0699	1,0648	1,0599	1,0499
78	1,0893	1,0798	1,0747	1,0700	1,0648	1,0598	1,0498
79	1,0894	1,0798	1,0747	1,0700	1,0648	1,0597	1,0497
80	1,0895	1,0798	1,0747	1,0700	1,0647	1,0596	1,0495
81	1,0895	1,0797	1,0745	1,0699	1,0646	1,0594	1,0493
82	1,0895	1,0796	1,0743	1,0698	1,0644	1,0592	1,0490
83	1,0895	1,0795	1,0741	1,0696	1,0642	1,0589	1,0487
84	1,0893	1,0793	1,0738	1,0693	1,0638	1,0585	1,0483
85	1,0891	1,0790	1,0735	1,0689	1,0635	1,0582	1,0479
86	1,0887	1,0787	1,0731	1,0685	1,0630	1,0576	1,0473
87	1,0883	1,0783	1,0726	1,0680	1,0626	1,0571	1,0467
88	1,0877	1,0778	1,0721	1,0675	1,0620	1,0564	1,0460
89	1,0872	1,0773	1,0715	1,0668	1,0613	1,0557	1,0453
90	1,0865	1,0766	1,0708	1,0661	1,0605	1,0549	1,0445
91	1,0857	1,0758	1,0700	1,0652	1,0597	1,0541	1,0436
92	1,0848	1,0749	1,0690	1,0643	1,0587	1,0530	1,0426
93	1,0838	1,0739	1,0680	1,0632	1,0577	1,0518	1,0414
94	1,0826	1,0727	1,0667	1,0619	1,0564	1,0506	1,0401
95	1,0813	1,0714	1,0652	1,0605	1,0551	1,0491	1,0386
96	1,0798	–	1,0632	1,0588	1,0535	1,0473	1,0368
97	1,0780	–	1,0611	1,0570	1,0516	1,0454	1,0348
98	1,0759	–	1,0590	1,0549	1,0495	1,0431	1,0325
99	1,0730	–	1,0567	1,0524	1,0468	1,0407	1,0299
100	1,0697	–	1,0545	1,0498	1,0440	1,0380	1,0271

Bảng I.83. **Khối lượng riêng của dung dịch axit fomic HCOOH nước [30.47]**

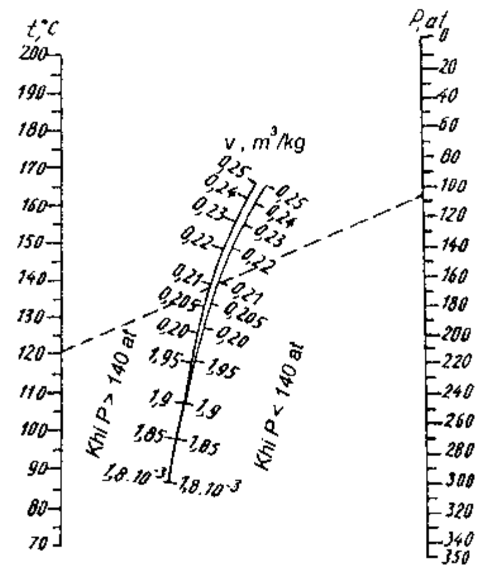
x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau				x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau				x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau			
	0°C	10°C	20°C	30°C		0°C	10°C	20°C	30°C		0°C	10°C	20°C	30°C
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	0,9999	0,9991	0,9982	0,9957	5	1,0150	1,0124	1,0115	1,0075	10	1,0295	1,0256	1,0246	1,0197
1	1,0028	1,0019	1,0019	0,9980	6	1,0179	1,0151	1,0141	1,0101	11	1,0324	1,0281	1,0271	1,0221
2	1,0059	1,0045	1,0044	1,0001	7	1,0207	1,0171	1,0170	1,0125	12	1,0351	1,0306	1,0296	1,0244
3	1,0090	1,0072	1,0070	1,0028	8	1,0237	1,0204	1,0196	1,0149	13	1,0379	1,0330	1,0321	1,0267
4	1,0120	1,0100	1,0093	1,0053	9	1,0266	1,0230	1,0221	1,0173	14	1,0407	1,0355	1,0345	1,0290

Tiếp bảng 1.83

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
15	1,0435	1,0380	1,0370	1,0313	45	1,1224	1,1109	1,1085	1,1987	75	1,1953	1,1794	1,1769	1,1636
16	1,0463	1,0405	1,0393	1,0336	46	1,1249	1,1133	1,1108	1,1009	76	1,1976	1,1816	1,1785	1,1656
17	1,0491	1,0430	1,0417	1,0358	47	1,1274	1,1156	1,1130	1,1031	77	1,1999	1,1837	1,1801	1,1676
18	1,0518	1,0455	1,0441	1,0381	48	1,1299	1,1179	1,1157	1,1053	78	1,2021	1,1859	1,1818	1,1697
19	1,0545	1,0480	1,0464	1,0404	49	1,1324	1,1202	1,1185	1,1076	79	1,2043	1,1881	1,1837	1,1717
20	1,0571	1,0505	1,0488	1,0427	50	1,1349	1,1225	1,1207	1,1098	80	1,2063	1,1902	1,1856	1,1737
21	1,0598	1,0532	1,0512	1,0451	51	1,1371	1,1248	1,1223	1,1120	81	1,2088	1,1924	1,1876	1,1758
22	1,0625	1,0556	1,0537	1,0473	52	1,1399	1,1271	1,1244	1,1142	82	1,2110	1,1944	1,1896	1,1778
23	1,0652	1,0580	1,0561	1,0496	53	1,1424	1,1294	1,1269	1,1164	83	1,2132	1,1965	1,1914	1,1798
24	1,0679	1,0604	1,0585	1,0518	54	1,1448	1,1318	1,1295	1,1186	84	1,2154	1,1985	1,1929	1,1817
25	1,0706	1,0627	1,0609	1,0540	55	1,1472	1,1341	1,1320	1,1208	85	1,2176	1,2005	1,1953	1,1837
26	1,0733	1,0652	1,0663	1,0564	56	1,1497	1,1365	1,1342	1,1230	86	1,2196	1,2025	1,1976	1,1856
27	1,0760	1,0678	1,0656	1,0587	57	1,1523	1,1388	1,1361	1,1253	87	1,2217	1,2045	1,1994	1,1875
28	1,0787	1,0702	1,0681	1,0609	58	1,1548	1,1411	1,1381	1,1274	88	1,2237	1,2064	1,2012	1,1894
29	1,0813	1,0726	1,0705	1,0632	59	1,1573	1,1434	1,1401	1,1295	89	1,2258	1,2084	1,2028	1,1910
30	1,0839	1,0750	1,0729	1,0654	60	1,1597	1,1458	1,1424	1,1317	90	1,2278	1,2102	1,2044	1,1927
31	1,0866	1,0774	1,0753	1,0676	61	1,1621	1,1481	1,1448	1,1338	91	1,2297	1,2121	1,2059	1,1945
32	1,0891	1,0798	1,0777	1,0699	62	1,1645	1,1504	1,1473	1,1360	92	1,2316	1,2139	1,2078	1,1961
33	1,0916	1,0821	1,0800	1,0721	63	1,1669	1,1526	1,1493	1,1382	93	1,2335	1,2157	1,2099	1,1978
34	1,0941	1,0844	1,0823	1,0743	64	1,1694	1,1549	1,1517	1,1403	94	1,2354	1,2174	1,2117	1,1994
35	1,0966	1,0867	1,0847	1,0766	65	1,1718	1,1572	1,1543	1,1425	95	1,2372	1,2191	1,2140	1,2008
36	1,0993	1,0892	1,0871	1,0783	66	1,1742	1,1595	1,1565	1,1446	96	1,2390	1,2208	1,2158	1,2022
37	1,1018	1,0916	1,0895	1,0810	67	1,1766	1,1618	1,1584	1,1467	97	1,2408	1,2224	1,2170	1,2036
38	1,1043	1,0940	1,0919	1,0832	68	1,1790	1,1640	1,1604	1,1489	98	1,2425	1,2240	1,2183	1,2048
39	1,1069	1,0964	1,0940	1,0854	69	1,1813	1,1663	1,1628	1,1510	99	1,2441	1,2257	1,2202	1,2061
40	1,1095	1,0988	1,0963	1,0876	70	1,1835	1,1685	1,1655	1,1531	100	1,2456	1,2273	1,2212	1,2073
41	1,1122	1,1012	1,0990	1,0898	71	1,1858	1,1707	1,1677	1,1552					
42	1,1148	1,1036	1,1015	1,0920	72	1,1882	1,1729	1,1702	1,1573					
43	1,1174	1,1060	1,1038	1,0943	73	1,1906	1,1751	1,1728	1,1595					
44	1,1199	1,1084	1,1062	1,0965	74	1,1929	1,1773	1,1752	1,1615					

Bảng I.84. **Khối lượng riêng của dung dịch axit oxalic $C_2H_2O_4$ – nước ở 17,5°C [39.381]**

x, %	d', kg/m³	g/l	mol/l	x, %	d', kg/m³	g/l	mol/l
1	1003,5	10,03	0,115	6	1027,8	61,66	0,6849
2	1008,2	20,16	0,2240	7	1032,6	72,28	0,8028
3	1013,2	30,39	0,3376	8	1237,5	83,00	0,9219
4	1018,1	40,72	0,4523	9	1042,4	93,81	1,0420
5	1023,1	51,45	0,5682				



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và áp suất của butan lỏng kẻ một đường thẳng. Giao điểm của đường thẳng này và thang chia thể tích riêng của butan lỏng sẽ cho giá trị phải tìm.

Toán đồ được xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.

Hình I.12. **Toán đồ để xác định thể tích riêng của butan lỏng [49.34]**

Bảng I.85. **Khối lượng riêng của dung dịch đường mía – nước ở nhiệt độ 15°C và 20°C [39.387]**

x, %	d'15°, kg/m³	d'20°, kg/m³	g/l (20°C)	mol/l (20°C)	x, %	d'15°, kg/m³	d'20°, kg/m³	g/l (20°C)	mol/l (20°C)
0	999,1	998,2	–	–	10	1039	1038	103,8	0,3033
1	1003	1002	10,02	0,0293	11	1043	1042	114,6	0,3349
2	1006	1005	20,11	0,0588	12	1047	1046	125,5	0,3669
3	1010	1009	30,29	0,0885	13	1051	1050	136,5	0,3990
4	1014	1013	40,55	0,1185	14	1056	1054	147,6	0,4315
5	1018	1017	50,89	0,1487	15	1060	1059	158,8	0,4641
6	1022	1021	61,31	0,1791	16	1064	1063	170,1	0,4971
7	1026	1025	71,81	0,2098	17	1069	1067	181,5	0,5303
8	1031	1029	82,39	0,2407	18	1073	1072	192,9	0,5638
9	1035	1034	93,04	0,2719	19	1077	1076	204,5	0,5976

Bảng I.86. **Khối lượng riêng của dung dịch đường (theo nồng độ) ở 20°C**

Bx	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Bx	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Bx	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Bx	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3
1	2	1	2	1	2	1	2
0,0	1000,00	4,10	1016,07	8,20	1032,58	12,3	1049,57
0,1	1000,39	4,20	1016,47	8,30	1032,99	12,4	1049,90
0,2	1000,78	4,30	1016,87	8,40	1033,40	12,5	1050,41
0,3	1001,17	4,40	1017,26	8,50	1033,81	12,6	1050,84
0,4	1001,55	4,50	1017,66	8,60	1034,22	12,7	1051,26
0,5	1001,94	4,60	1018,06	8,70	1034,63	12,8	1051,68
0,6	1002,33	4,70	1018,46	8,80	1035,04	12,9	1052,10
0,7	1002,72	4,80	1018,86	8,90	1035,45	13,0	1052,52
0,3	1003,11	4,90	1019,26	9,00	1035,86	13,1	1052,95
0,9	1003,51	5,00	1019,65	9,10	1036,27	13,2	1053,37
1,00	1003,89	5,10	1020,05	9,20	1036,68	13,3	1053,79
1,10	1004,28	5,20	1020,45	9,30	1037,09	13,4	1054,22
1,20	1004,67	5,30	1020,85	9,40	1037,50	13,5	1054,64
1,30	1005,06	5,40	1021,25	9,50	1037,92	13,6	1055,06
1,40	1005,45	5,50	1021,65	9,60	1038,34	13,7	1055,49
1,50	1005,84	5,60	1022,06	9,70	1038,83	13,8	1055,91
1,60	1006,23	5,70	1022,46	9,80	1039,15	13,9	1056,34
1,70	1006,62	5,80	1022,86	9,90	1039,57	14,0	1056,77
1,80	1007,01	5,90	1023,21	10,0	1039,98	14,1	1057,29
1,90	1007,40	6,00	1023,66	10,1	1040,39	14,2	1057,62
2,00	1007,79	6,10	1023,70	10,2	1040,81	14,3	1058,04
2,10	1008,18	6,20	1024,47	10,3	1041,22	14,4	1058,41
2,20	1008,53	6,30	1020,87	10,4	1041,64	14,5	1058,90
2,30	1008,97	6,40	1025,27	10,5	1042,05	14,6	1059,33
2,40	1009,36	6,50	1025,68	10,6	1042,47	14,7	1059,75
2,50	1009,76	6,60	1026,08	10,7	1042,28	14,8	1060,18
2,60	1010,15	6,70	1026,48	10,8	1043,30	14,9	1060,61
2,70	1010,54	6,80	1026,89	10,9	1043,71	15,0	1061,04
2,80	1010,93	6,90	1027,29	11,0	1044,13	15,1	1061,47
2,90	1011,33	7,00	1027,70	11,1	1044,55	15,2	1061,90
3,00	1011,72	7,10	1028,10	11,2	1044,97	15,3	1062,33
3,10	1012,11	7,20	1028,51	11,3	1045,63	15,4	1062,76
3,20	1012,51	7,30	1028,92	11,4	1045,80	15,5	1063,19
3,30	1012,90	7,40	1029,32	11,5	1046,22	15,6	1063,62
3,40	1013,30	7,50	1029,73	11,6	1046,64	15,7	1064,05
3,50	1013,69	7,60	1030,13	11,7	1047,06	15,8	1064,48
3,60	1014,09	7,70	1030,54	11,8	1047,47	15,9	1064,91
3,70	1014,48	7,80	1030,95	11,9	1047,89	16,0	1065,34
3,80	1014,98	7,90	1031,36	12,0	1048,31	16,1	1065,77
3,90	1015,28	8,00	1031,76	12,1	1048,73	16,2	1066,21
4,00	1015,67	8,10	1032,17	12,2	1049,15	16,3	1066,64
						16,4	1067,07

Tiếp bảng I.86

1	2	1	2	1	2	1	2
16,5	1067,51	20,9	1086,89	25,3	1106,89	29,7	1127,55
16,6	1067,94	21,0	1087,33	25,4	1107,36	29,8	1128,02
16,7	1068,37	21,1	1087,78	25,5	1107,82	29,9	1128,50
16,8	1068,81	21,2	1088,23	25,6	1108,28	30,0	1128,98
16,9	1069,24	21,3	1088,68	25,7	1108,74	30,1	1129,46
17,0	1069,68	21,4	1089,13	25,8	1109,21	30,2	1129,93
17,1	1070,11	21,5	1089,58	25,9	1109,67	30,3	1130,41
17,2	1070,55	21,6	1090,03	26,0	1110,14	30,4	1130,89
17,3	1070,98	21,7	1090,48	26,1	1110,60	30,5	1131,37
17,4	1071,42	21,8	1090,93	26,2	1111,06	30,6	1131,85
17,5	1071,86	21,9	1091,38	26,3	1111,53	30,7	1132,33
17,6	1072,29	22,0	1091,83	26,4	1112,00	30,8	1132,81
17,7	1072,73	22,1	1092,28	26,5	1112,46	30,9	1133,29
17,8	1073,16	22,2	1092,73	26,6	1112,93	31,0	1133,78
17,9	1073,51	22,3	1093,18	26,7	1113,39	31,1	1134,26
18,0	1074,04	22,4	1093,64	26,8	1113,86	31,2	1134,74
18,1	1074,48	22,5	1094,04	26,9	1114,33	31,3	1135,22
18,2	1074,92	22,6	1094,54	27,0	1114,80	31,4	1135,70
18,3	1075,36	22,7	1094,99	27,1	1115,26	31,5	1136,19
18,4	1075,80	22,8	1095,45	27,2	1115,73	31,6	1136,67
18,5	1076,24	22,9	1095,90	27,3	1116,20	31,7	1137,15
18,6	1076,68	23,0	1096,36	27,4	1116,67	31,8	1137,64
18,7	1077,12	23,1	1096,81	27,5	1117,14	31,9	1138,12
18,8	1077,56	23,2	1097,27	27,6	1117,61	32,0	1138,61
18,9	1078,00	23,3	1097,72	27,7	1118,08	32,1	1139,09
19,0	1078,44	23,4	1098,18	27,8	1118,55	32,2	1139,58
19,1	1078,88	23,5	1098,63	27,9	1119,02	32,3	1140,06
19,2	1079,32	23,6	1099,09	28,0	1119,49	32,4	1140,55
19,3	1079,77	23,7	1099,54	28,1	1119,96	32,5	1141,03
19,4	1080,21	23,8	1100,00	28,2	1120,43	32,6	1141,52
19,5	1080,65	23,9	1100,46	28,3	1120,90	32,7	1142,01
19,6	1081,10	24,0	1100,92	28,4	1121,38	32,8	1142,50
19,7	1081,51	24,1	1101,37	28,5	1121,85	32,9	1142,98
19,8	1081,98	24,2	1101,83	28,6	1122,32	33,0	1143,43
19,9	1082,43	24,3	1102,29	28,7	1122,80	33,1	1143,96
20,0	1082,87	24,4	1102,75	28,8	1123,27	33,2	1144,50
20,1	1083,32	24,5	1103,21	28,9	1123,74	33,3	1144,94
20,2	1083,76	24,6	1103,67	29,0	1124,22	33,4	1145,43
20,3	1084,25	24,7	1104,13	29,1	1124,69	33,5	1145,92
20,4	1084,65	24,8	1104,59	29,2	1125,17	33,6	1146,41
20,5	1085,10	24,9	1105,00	29,3	1125,64	33,7	1146,90
20,6	1085,54	25,0	1105,51	29,4	1126,12	33,8	1147,39
20,7	1085,99	25,1	1105,97	29,5	1126,59	33,9	1147,88
20,8	1086,44	25,2	1106,43	29,6	1127,07	34,0	1148,37

Tiếp bảng 1.86

1	2	1	2	1	2	1	2
34,1	1148,86	38,5	1170,87	42,9	1193,58	47,3	1217,00
34,2	1149,36	38,6	1171,38	43,0	1194,10	47,4	1217,55
34,3	1149,85	38,7	1171,88	43,1	1194,63	47,5	1218,09
34,4	1150,34	38,8	1172,39	43,2	1195,15	47,6	1218,63
34,5	1150,84	38,9	1172,90	43,3	1195,68	47,7	1219,17
34,6	1151,33	39,0	1173,41	43,4	1196,20	47,8	1219,71
34,7	1151,85	39,1	1173,92	43,5	1196,73	47,9	1220,26
34,8	1152,32	39,2	1174,42	43,6	1197,26	48,0	1220,80
34,9	1152,82	39,3	1174,94	43,7	1197,78	48,1	1221,34
35,0	1153,31	39,4	1175,45	43,8	1198,31	48,2	1121,89
35,1	1153,81	39,5	1175,96	43,9	1198,84	48,3	1222,43
35,2	1154,30	39,6	1176,48	44,0	1199,36	48,4	1222,98
35,3	1154,80	39,7	1176,99	44,1	1199,89	48,5	1223,52
35,4	1155,30	39,8	1177,50	44,2	1200,42	48,6	1224,06
35,5	1155,79	39,9	1178,02	44,3	1200,95	48,7	1224,61
35,6	1156,29	40,0	1178,53	44,4	1201,48	48,8	1225,16
35,7	1156,79	40,1	1179,04	44,5	1202,01	48,9	1225,70
35,8	1157,29	40,2	1179,56	44,6	1202,54	49,0	1226,25
35,9	1157,78	40,3	1180,07	44,7	1203,07	49,1	1226,80
36,0	1158,28	40,4	1180,58	44,8	1203,60	49,2	1227,35
36,1	1158,78	40,5	1181,10	44,9	1204,14	49,3	1227,89
36,2	1159,28	40,6	1181,62	45,0	1204,67	49,4	1228,44
36,3	1159,78	40,7	1182,13	45,1	1205,20	49,5	1228,99
36,4	1160,34	40,8	1182,65	45,2	1205,73	49,6	1229,54
36,5	1160,78	40,9	1183,16	45,3	1206,27	49,7	1230,09
36,6	1161,28	41,0	1183,68	45,4	1206,80	49,8	1230,64
36,7	1161,78	41,1	1184,20	45,5	1207,33	49,9	1231,19
36,8	1162,28	41,2	1184,72	45,6	1207,87	50,0	1231,74
36,9	1162,79	41,3	1185,24	45,7	1208,40	50,1	1232,29
37,0	1163,29	41,4	1185,74	45,8	1208,94	50,2	1232,89
37,1	1163,79	41,5	1186,27	45,9	1209,47	50,3	1233,40
37,2	1164,30	41,6	1186,79	46,0	1210,01	50,4	1233,95
37,3	1164,80	41,7	1187,51	46,1	1210,54	50,5	1234,50
37,4	1165,30	41,8	1187,83	46,2	1211,08	50,6	1235,06
37,5	1165,84	41,9	1188,35	46,3	1211,62	50,7	1235,61
37,6	1166,31	42,0	1188,87	46,4	1212,15	50,8	1236,16
37,7	1166,82	42,1	1189,39	46,5	1212,69	50,9	1236,72
37,8	1167,32	42,2	1189,92	46,6	1213,23	51,0	1237,27
37,9	1167,83	42,3	1190,44	46,7	1213,77	51,1	1237,82
38,0	1168,33	42,4	1190,96	46,8	1214,31	51,2	1238,38
38,1	1168,84	42,5	1191,98	46,9	1214,84	51,3	1238,94
38,2	1169,34	42,6	1192,01	47,0	1215,38	51,4	1239,49
38,3	1169,85	42,7	1192,53	47,1	1215,92	51,5	1240,05
38,4	1170,36	42,8	1193,05	47,2	1216,46	51,6	1240,61

Tiếp bảng I.86

1	2	1	2	1	2	1	2
51,7	1241,16	56,1	1266,05	60,5	1291,68	64,9	1318,06
51,8	1241,72	56,2	1266,33	60,6	1292,27	65,0	1318,66
51,9	1242,28	56,3	1267,20	60,7	1292,86	65,1	1319,27
52,0	1242,84	56,4	1267,78	60,8	1293,46	65,2	1319,88
52,1	1243,39	56,5	1268,35	60,9	1294,05	65,3	1320,99
52,2	1243,95	56,6	1268,93	61,0	1294,64	65,4	1321,10
52,3	1244,51	56,7	1269,50	61,1	1295,23	65,5	1321,71
52,4	1245,07	56,8	1270,08	61,2	1295,83	65,6	1322,32
52,5	1245,63	56,9	1270,66	61,3	1296,92	65,7	1322,93
52,6	1246,19	57,0	1271,23	61,4	1297,01	65,8	1323,54
52,7	1246,75	57,1	1271,81	61,5	1297,68	65,9	1324,15
52,8	1247,31	57,2	1272,39	61,6	1298,20	66,0	1324,76
52,9	1247,88	57,3	1272,97	61,7	1298,80	66,1	1325,38
53,0	1248,44	57,4	1273,55	61,8	1299,40	66,2	1325,99
53,1	1249,00	57,5	1274,13	61,9	1299,94	66,3	1326,60
53,2	1249,56	57,6	1274,71	62,0	1300,59	66,4	1327,22
53,3	1250,13	57,7	1275,29	62,1	1301,18	66,5	1327,83
53,4	1250,94	57,8	1275,87	62,2	1301,78	66,6	1328,44
53,5	1251,26	57,9	1276,45	62,3	1302,38	66,7	1329,06
53,6	1251,82	58,0	1277,03	62,4	1302,98	66,8	1329,67
53,7	1252,38	58,1	1277,61	62,5	1303,58	66,9	1330,29
53,8	1252,95	58,2	1278,19	62,6	1304,18	67,0	1330,90
53,9	1253,61	58,3	1278,78	62,7	1304,77	67,1	1331,52
54,0	1254,08	58,4	1279,36	62,8	1305,37	67,2	1332,14
54,1	1254,65	58,5	1279,94	62,9	1305,97	67,3	1332,75
54,2	1255,21	58,6	1280,52	63,0	1306,57	67,4	1333,37
54,3	1255,78	58,7	1281,11	63,1	1307,18	67,5	1333,99
54,4	1256,25	58,8	1281,64	63,2	1307,78	67,6	1334,60
54,5	1256,92	58,9	1282,28	63,3	1308,38	67,7	1335,23
54,6	1257,48	59,0	1282,86	63,4	1308,98	67,8	1335,84
54,7	1258,05	59,1	1283,45	63,5	1309,58	67,9	1336,46
54,8	1258,62	59,2	1284,04	63,6	1310,19	68,0	1337,08
54,9	1259,19	59,3	1284,62	63,7	1310,79	68,1	1337,70
55,0	1259,76	59,4	1285,20	63,8	1311,39	68,2	1338,32
55,1	1260,33	59,5	1285,79	63,9	1312,00	68,3	1338,94
55,2	1260,90	59,6	1286,38	64,0	1312,60	68,4	1339,57
55,3	1261,77	59,7	1286,97	64,1	1313,20	68,5	1340,19
55,4	1262,04	59,8	1287,55	64,2	1313,87	68,6	1340,81
55,5	1262,61	59,9	1288,14	64,3	1314,41	68,7	1341,43
55,6	1263,19	60,0	1288,73	64,4	1315,02	68,8	1342,05
55,7	1263,76	60,1	1289,32	64,5	1315,63	68,9	1342,68
55,8	1264,33	60,2	1289,91	64,6	1316,23	69,0	1343,30
55,9	1264,90	60,3	1290,50	64,7	1316,84	69,1	1343,92
56,0	1265,48	60,4	1291,09	64,8	1317,45	69,2	1344,55

Tiếp bảng I.86

1	2	1	2	1	2	1	2
69,3	1345,17	73,7	1373,04	78,1	1401,84	82,5	1430,96
69,4	1345,90	73,8	1373,68	78,2	1402,30	82,6	1431,64
69,5	1346,42	73,9	1374,32	78,3	1402,95	82,7	1432,31
69,6	1347,05	74,0	1374,96	78,4	1403,61	82,8	1432,98
69,7	1347,68	74,1	1375,61	78,5	1404,27	82,9	1433,66
69,8	1348,30	74,2	1376,25	78,6	1404,93	83,0	1434,34
69,9	1348,93	74,3	1376,89	78,7	1405,59	83,1	1435,02
70,0	1349,56	74,4	1377,54	78,8	1406,25	83,2	1435,64
70,1	1350,19	74,5	1378,18	78,9	1406,91	83,3	1436,37
70,2	1350,81	74,6	1378,83	79,0	1407,58	83,4	1437,05
70,3	1351,44	74,7	1379,47	79,1	1408,24	83,5	1437,73
70,4	1352,07	74,8	1380,12	79,2	1408,90	83,6	1438,41
70,5	1352,70	74,9	1380,92	79,3	1409,56	83,7	1439,08
70,6	1353,33	75,0	1381,41	79,4	1410,23	83,8	1439,76
70,7	1353,96	75,1	1382,05	79,5	1410,98	83,9	1440,44
70,8	1354,59	75,2	1382,70	79,6	1411,15	84,0	1441,12
70,9	1355,22	75,3	1383,35	79,7	1412,22	84,1	1441,80
71,0	1355,85	75,4	1384,00	79,8	1412,88	84,2	1442,69
71,1	1356,48	75,5	1384,65	79,9	1413,55	84,3	1443,17
71,2	1357,11	75,6	1385,36	80,0	1414,21	84,4	1443,85
71,3	1357,75	75,7	1385,95	80,1	1414,88	84,5	1444,53
71,4	1358,38	75,8	1386,60	80,2	1415,54	84,6	1445,21
71,5	1359,01	75,9	1387,25	80,3	1416,21	84,7	1445,90
71,6	1359,64	76,0	1387,90	80,4	1416,88	84,8	1446,58
71,7	1360,28	76,1	1388,55	80,5	1417,54	84,9	1447,26
71,8	1360,91	76,2	1389,20	80,6	1418,21	85,0	1447,94
71,9	1361,55	76,3	1389,85	80,7	1418,88	85,1	1448,63
72,0	1362,81	76,4	1390,50	80,8	1419,55	85,2	1449,31
72,1	1362,82	76,5	1391,15	80,9	1420,22	85,3	1450,00
72,2	1363,46	76,6	1391,80	81,0	1420,88	85,4	1450,68
72,3	1364,09	76,7	1392,46	81,1	1421,55	85,5	1451,37
72,4	1364,73	76,8	1393,11	81,2	1422,22	85,6	1452,05
72,5	1365,36	76,9	1393,76	81,3	1422,89	85,7	1452,74
72,6	1366,00	77,0	1394,42	81,4	1423,56	85,8	1453,43
72,7	1366,64	77,1	1395,07	81,5	1424,23	85,9	1454,11
72,8	1367,28	77,2	1395,73	81,6	1424,90	86,0	1454,80
72,9	1367,92	77,3	1396,38	81,7	1425,58	86,1	1455,96
73,0	1368,56	77,4	1397,04	81,8	1426,25	86,2	1456,18
73,1	1369,19	77,5	1397,69	81,9	1426,92	86,3	1456,86
73,2	1369,83	77,6	1398,35	82,0	1427,59	86,4	1457,55
73,3	1370,47	77,7	1399,01	82,1	1428,57	86,5	1458,24
73,4	1371,11	77,8	1399,66	82,2	1428,96	86,6	1458,93
73,5	1371,76	77,9	1400,32	82,3	1429,61	86,7	1459,62
73,6	1372,40	78,0	1400,98	82,4	1430,29	86,8	1460,31

Tiếp bảng 1.86

1	2	1	2	1	2
86,9	1461,00	91,3	1491,75	95,7	1523,18
87,0	1461,60	91,4	1492,46	95,8	1523,90
87,1	1462,39	91,5	1493,16	95,9	1524,63
87,2	1463,08	91,6	1493,87	96,0	1525,35
87,3	1463,77	91,7	1494,29	96,1	1526,07
87,4	1464,46	91,8	1494,88	96,2	1526,80
87,5	1465,16	91,9	1495,60	96,3	1527,52
87,6	1465,85	92,0	1496,32	96,4	1528,24
87,7	1466,54	92,1	1497,20	96,5	1528,97
87,8	1467,27	92,2	1498,12	96,6	1529,69
87,9	1467,92	92,3	1498,83	96,7	1530,42
88,0	1468,62	92,4	1499,54	96,8	1531,04
88,1	1469,32	92,5	1500,02	96,9	1531,87
88,2	1470,02	92,6	1500,97	97,0	1532,60
88,3	1470,71	92,7	1501,68	97,1	1533,32
88,4	1471,41	92,8	1502,39	97,2	1534,05
88,5	1472,10	92,9	1503,10	97,3	1534,78
88,6	1472,80	93,0	1503,87	97,4	1535,51
88,7	1473,50	93,1	1504,53	97,5	1536,23
88,8	1474,20	93,2	1505,24	97,6	1536,96
88,9	1474,89	93,3	1505,95	97,7	1537,69
89,0	1475,59	93,4	1506,67	97,8	1538,42
89,1	1476,29	93,5	1507,38	97,9	1539,15
89,2	1476,99	93,6	1508,10	98,0	1539,88
89,3	1477,79	93,7	1508,81	98,1	1540,61
89,4	1478,39	93,8	1509,52	98,2	1541,34
89,5	1479,09	93,9	1510,24	98,3	1542,07
89,6	1479,79	94,0	1510,96	98,4	1542,08
89,7	1480,49	94,1	1511,67	98,5	1543,53
89,8	1481,19	94,2	1512,39	98,6	1544,26
89,9	1481,89	94,3	1513,11	98,7	1544,99
90,0	1482,59	94,4	1513,82	98,8	1545,73
90,1	1483,30	94,5	1514,54	98,9	1546,46
90,2	1484,00	94,6	1515,26	99,0	1547,19
90,3	1484,70	94,7	1515,98	99,1	1547,93
90,4	1485,40	94,8	1516,70	99,2	1548,66
90,5	1486,11	94,9	1517,42	99,3	1549,39
90,6	1486,81	95,0	1518,14	99,4	1550,13
90,7	1487,52	95,1	1518,86	99,5	1550,87
90,8	1488,22	95,2	1519,58	99,6	1551,60
90,9	1488,93	95,3	1520,30	99,7	1552,34
91,0	1489,63	95,4	1521,02	99,8	1553,07
91,1	1490,34	95,5	1521,74	99,9	1553,81
91,2	1491,09	95,6	1522,46	100	1554,54

Bảng I.87 **Bảng tương quan giữa độ Borich Bx, độ Bômê Bé và khối lượng riêng của dung dịch đường**

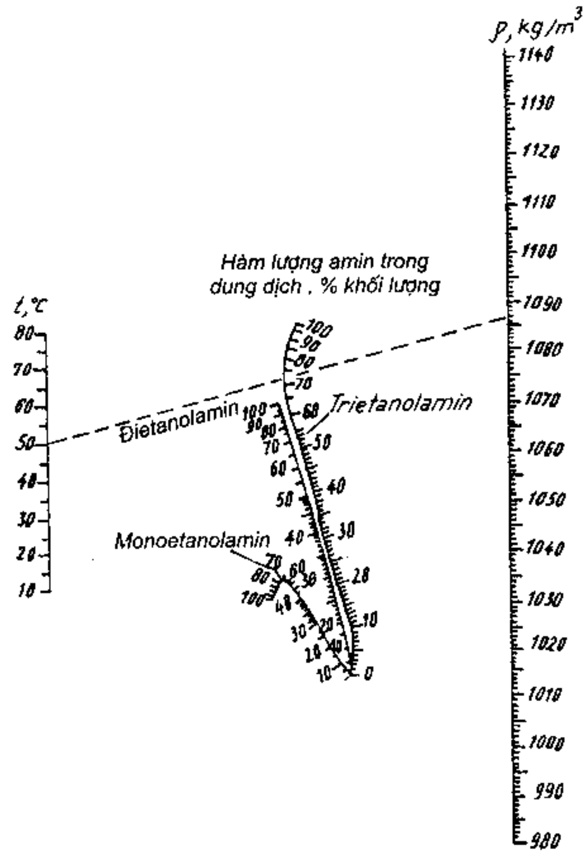
Độ Bx	Độ Bé	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Độ Bx	Độ Bé	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Độ Bx	Độ Bé	Khối lượng riêng ρ, kg/m³
0	0	1000,00	44	24,03	1200,3	71	37,9	1357,2
2	1,11	1007,8	45	24,56	1205,6	72	38,39	1363,6
4	2,23	1015,7	46	25,09	1211,0	73	38,89	1370,0
6	3,34	1023,7	47	25,62	1216,4	74	39,38	1376,4
8	4,45	1031,9	48	26,14	1221,8	75	39,87	1382,9
10	5,56	1040,1	49	26,67	1227,8	76	40,36	1389,4
12	6,66	1048,5	50	27,19	1232,8	77	40,84	1395,9
14	7,77	1057,0	51	27,71	1238,3	78	41,33	1402,5
16	8,87	1065,7	52	28,14	1243,9	79	41,81	1409,2
18	9,97	1074,4	53	28,75	1249,5	80	42,29	1415,9
20	11,07	1083,3	54	29,27	1255,2	81	42,78	1422,6
22	12,17	1092,3	55	29,79	1260,9	82	43,25	1429,3
24	13,26	1101,5	56	30,31	1266,6	83	43,73	1436,1
26	14,33	1110,7	57	30,82	1272,4	84	44,21	1443,0
28	15,44	112,01	58	31,34	1278,2	85	44,68	1449,9
30	16,53	1129,7	59	31,85	1284,0	86	45,15	1456,8
32	17,61	1139,3	60	32,36	1289,9	87	45,62	1463,8
34	18,69	1149,1	61	32,89	1295,8	88	46,09	1470,8
35	19,23	1154,1	62	33,38	1301,8	89	46,56	1477,8
36	19,71	1159,1	63	33,89	1307,8	90	47,02	1484,9
37	20,30	1164,1	64	34,40	1313,8	92	47,95	1499,2
38	20,84	1169,2	65	34,90	1319,9	94	48,86	1513,6
39	21,37	1174,3	66	35,40	1326,0	96	49,77	1528,1
40	21,91	1179,4	67	35,90	1332,2	98	50,67	1542,9
41	22,44	1184,6	68	36,41	1338,4	100	51,56	1557,8
42	22,97	1189,8	69	36,91	1344,6			
43	23,50	1195,0	70	37,40	1350,9			

Bảng I.88. **Khối lượng riêng của dung dịch đường glucoza – nước ở 20°C [39.387]**

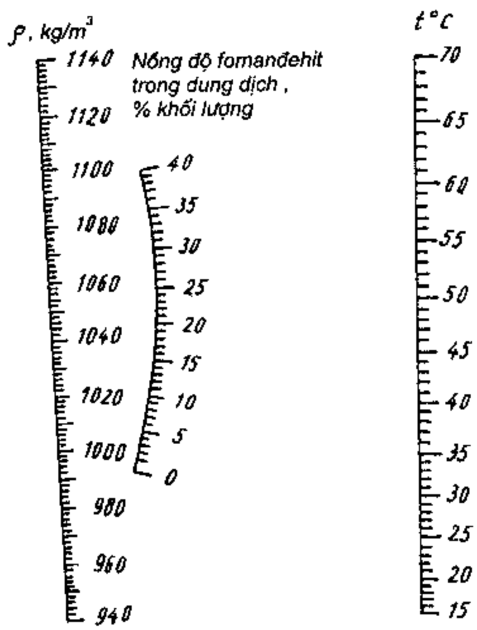
x, %	d′, kg/m³	d′, g/l	d′, mol/l	x, %	d′, kg/m³	d′, g/l	d′, mol/l	x, %	d′, kg/m³	d′, g/l	d′, mol/l
2	1005,8	20,11	0,1117	12	1046,0	125,5	0,6967	22	1088,6	239,4	1,3294
4	1013,8	40,55	0,2251	14	1054,2	147,5	0,8192	24	1097,4	263,3	1,4619
6	1021,6	61,29	0,3402	16	1062,6	170,0	0,9437	26	1106,4	287,6	1,5967
8	1029,6	82,36	0,4572	18	1071,2	192,8	1,0703	28	1115,5	312,3	1,7337
10	1037,7	103,7	0,5760	20	1079,8	215,9	1,1987	30	1124,7	337,4	1,8729

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ đã cho và hàm lượng của amin trong dung dịch (tìm trên các thang ứng với từng loại amin) kẻ một đường thẳng và kéo dài đến khi gặp thang chia khối lượng riêng của dung dịch - đó là điểm phải tìm.

Toán đồ xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.



Hình I.13. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng của dung dịch etanolamin nước [49.29]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với những trị số cho trước của nhiệt độ và nồng độ fomanđehit trong dung dịch kẻ một đường thẳng. Giao điểm giữa đường thẳng đó và thang chia khối lượng riêng của dung dịch sẽ cho giá trị phải tìm.

Toán đồ xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.

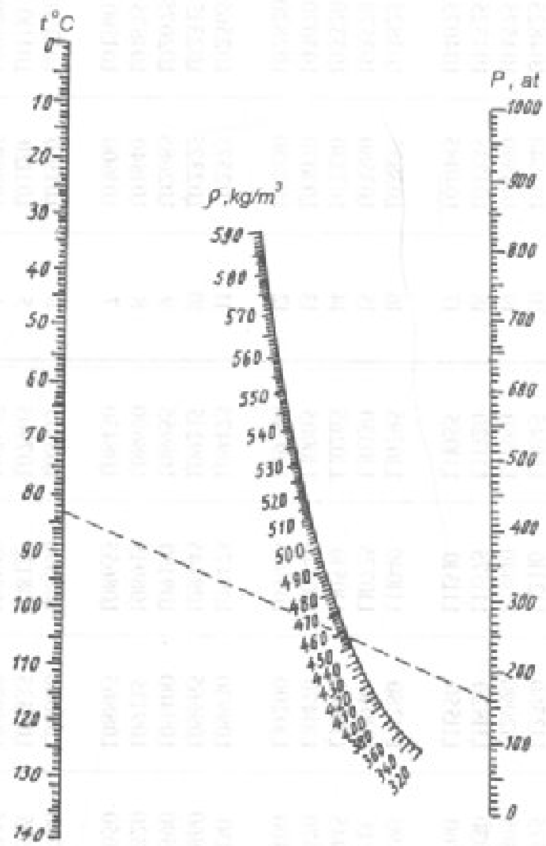
Hình I.14. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng của dung dịch fomanđehit nước [49.30]**

Bảng I.89. **Khối lượng riêng của dung dịch glixerin $CH_2OHCHOHCH_2OH$ - nước [30.46]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau					x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau				
	15°C	15,5°C	20°C	25°C	30°C		15°C	15,5°C	20°C	25°C	30°C
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
100	1,26415	1,26381	1,26108	1,15802	1,25495	77	1,20335	1,20300	1,20030	1,19735	1,19435
99	1,26160	1,26125	1,25850	1,25545	1,25235	76	1,20060	1,20025	1,19760	1,19465	1,19170
98	1,25900	1,25865	1,25590	1,25290	1,24975	75	1,19785	1,19750	1,19485	1,19195	1,18900
97	1,25645	1,25610	1,25335	1,25030	1,24710	74	1,19510	1,19480	1,19215	1,18925	1,18635
96	1,25385	1,25350	1,25080	1,24770	1,24450	73	1,19235	1,19205	1,18940	1,18650	1,18365
95	1,25130	1,25095	1,24825	1,24515	1,24190	72	1,18965	1,18930	1,18670	1,18380	1,18100
94	1,24865	1,24830	1,24560	1,24250	1,23930	71	1,18690	1,18655	1,18395	1,18110	1,17830
93	1,24600	1,24565	1,24300	1,23985	1,23670	70	1,18415	1,18385	1,18125	1,17840	1,17565
92	1,24340	1,24305	1,24035	1,23725	1,23410	69	1,18135	1,18105	1,17850	1,17565	1,17290
91	1,24075	1,24040	1,23770	1,23460	1,23150	68	1,17860	1,17830	1,17575	1,17295	1,17020
90	1,23810	1,23775	1,23510	1,23200	1,22890	67	1,17585	1,17830	1,17575	1,17295	1,17020
89	1,23545	1,23510	1,23245	1,22935	1,22625	66	1,17305	1,17275	1,17025	1,16745	1,16470
88	1,23280	1,23245	1,22975	1,22665	1,22360	65	1,17030	1,17000	1,16750	1,16475	1,16195
87	1,23015	1,22980	1,22710	1,22400	1,22095	64	1,16755	1,16725	1,16475	1,16200	1,15925
86	1,22750	1,22710	1,22445	1,22135	1,21830	63	1,16480	1,16445	1,16205	1,15925	1,15650
85	1,22485	1,22445	1,22180	1,21870	1,21565	62	1,16200	1,16170	1,15930	1,15655	1,15375
84	1,22220	1,22180	1,21915	1,21605	1,21300	61	1,15925	1,15895	1,15655	1,15380	1,15100
83	1,21955	1,21915	1,21650	1,21340	1,21035	60	1,15650	1,15615	1,15380	1,15105	1,14830
82	1,21690	1,21650	1,21380	1,21075	1,20770	59	1,15370	1,15340	1,15105	1,14835	1,14555
81	1,21425	1,21385	1,21115	1,20810	1,20505	58	1,15095	1,15065	1,14830	1,14560	1,14285
80	1,21160	1,21120	1,20850	1,20545	1,20240	57	1,14815	1,14785	1,14555	1,14285	1,14010
79	1,20885	1,20845	1,20575	1,20275	1,19970	56	1,14535	1,14510	1,14280	1,14015	1,13740
78	1,20610	1,20570	1,20305	1,20005	1,19705	55	1,14260	1,14230	1,14005	1,13740	1,13470

Tiếp bảng I.89

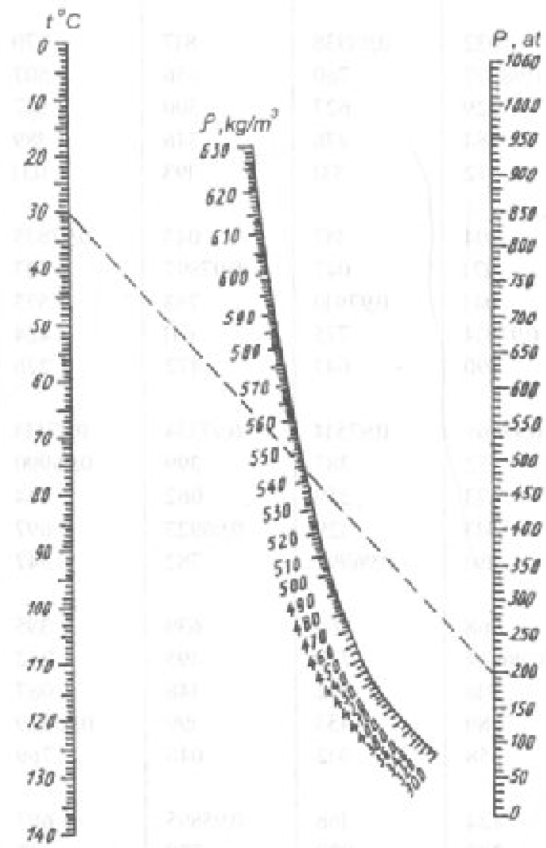
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
54	1,13900	1,13955	1,13730	1,13465	1,13195	25	1,06150	1,06130	1,05980	1,05800	1,05605
53	1,13705	1,13680	1,13455	1,13195	1,12925	24	1,05885	1,05870	1,05720	1,05545	1,05360
52	1,13425	1,13400	1,13180	1,12920	1,12650	23	1,05625	1,05610	1,05465	1,05290	1,05100
51	1,13150	1,13125	1,12905	1,12650	1,12380	22	1,05365	1,05350	1,05205	1,05035	1,04850
50	1,12870	1,12845	1,12630	1,12375	1,12110	21	1,05100	1,05090	1,04950	1,04780	1,04600
49	1,12600	1,12575	1,12360	1,12110	1,11845	20	1,04840	1,04825	1,04690	1,04525	1,04350
48	1,12325	1,12305	1,12090	1,11840	1,11580	19	1,04590	1,04575	1,04440	1,04280	1,04105
47	1,12055	1,12030	1,11820	1,11575	1,11320	18	1,04335	1,04325	1,04395	1,04035	1,03960
46	1,11780	1,11760	1,11550	1,11310	1,11055	17	1,04085	1,04075	1,03945	1,03790	1,03615
45	1,11510	1,11490	1,11280	1,11040	1,10795	16	1,03835	1,03825	1,03695	1,03545	1,03370
44	1,11235	1,11215	1,11010	1,10775	1,10530	15	1,03580	1,03570	1,03450	1,03300	1,03130
43	1,10960	1,10945	1,10740	1,10510	1,10265	14	1,03330	1,03320	1,03200	1,03055	1,02885
42	1,10690	1,10670	1,10470	1,10240	1,10005	13	1,03070	1,03070	1,02955	1,02805	1,02395
41	1,10415	1,10400	1,10200	1,09975	1,09740	12	1,02830	1,02820	1,02705	1,02560	1,02395
40	1,10145	1,10130	1,09930	1,09475	1,09475	11	1,02575	1,02565	1,02455	1,02315	1,02150
39	1,09875	1,09860	1,09665	1,09445	1,09215	10	1,02325	1,02315	1,02210	1,02070	1,01905
38	1,09605	1,09590	1,09400	1,09180	1,08955	9	1,02085	1,02075	1,01970	1,01835	1,01670
37	1,09340	1,09320	1,09135	1,08915	1,08690	8	1,01840	1,01835	1,01730	1,01600	1,01440
36	1,09070	1,09050	1,08865	1,08655	1,08430	7	1,01600	1,01590	1,01495	1,01360	1,01295
35	1,08800	1,08780	1,08600	1,08390	1,08165	6	1,01360	1,01350	1,01255	1,01125	1,00970
34	1,08530	1,08515	1,08335	1,08125	1,07905	5	1,01120	1,01110	1,01015	1,00890	1,00735
33	1,08265	1,08245	1,08070	1,07860	1,07645	4	1,00875	1,00870	1,00780	1,00655	1,00505
32	1,07995	1,07975	1,07800	1,07600	1,07380	3	1,00635	1,00630	1,00540	1,00415	1,00270
31	1,07725	1,07705	1,07535	1,07335	1,07120	2	1,00395	1,00385	1,00300	1,00180	1,00035
30	1,07455	1,07435	1,07270	1,07070	1,06855	1	1,00155	1,00145	1,00060	0,99945	0,99800
29	1,07195	1,07175	1,07010	1,06815	1,06605	0	0,99913	0,99905	0,99823	0,99708	0,99568
28	1,06935	1,06915	1,06755	1,06560	1,06355						
27	1,06670	1,06655	1,06495	1,06305	1,06105						
26	1,06410	1,06390	1,06240	1,06055	1,05855						



Hình I.15. **Toán đồ để xác định khối lượng riêng của propan lỏng [49,33]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với những giá trị đã cho của nhiệt độ và áp suất của propan lỏng kẻ một đường thẳng. Giao điểm của đường thẳng này và thang chia khối lượng riêng sẽ cho giá trị cần tìm.

Toán đồ xây dựng từ số liệu thực nghiệm.



Hình I.16. Toán đồ để xác định khối lượng riêng của propilen lỏng [49.32]

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với các giá trị đã cho của nhiệt độ và áp suất của propilen lỏng, kẻ một đường thẳng. Giao điểm của đường thẳng này và thang chia khối lượng riêng của propilen lỏng sẽ cho giá trị phải tìm.

Toán đồ xây dựng từ các số liệu thực nghiệm.

Bảng I.90. **Khối lượng riêng của dung dịch rượu etylic C_2H_2OH nước [30.52]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau						
	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,99973	0,99913	0,99823	0,99708	0,99568	0,99406	0,99225
1	785	725	636	520	379	217	034
2	602	542	453	336	194	031	0,98846
3	426	365	275	157	014	0,98849	663
4	258	195	103	0,98984	0,98839	672	485
5	098	032	0,98938	817	670	501	311
6	0,98946	0,98877	780	656	507	335	142
7	801	729	627	500	347	172	0,97975
8	600	584	478	346	189	009	808
9	524	442	331	193	031	0,97846	641
10	393	304	187	043	0,97875	0,97685	475
11	267	171	047	0,97897	723	527	312
12	145	041	0,97910	753	573	371	150
13	026	0,97914	775	611	424	216	0,96989
14	0,97911	790	643	472	278	063	828
15	0,97800	0,97669	0,97514	0,97334	0,97133	6,96911	0,96670
16	692	552	387	399	0,96990	760	512
17	583	433	259	062	844	607	352
18	473	313	129	0,96923	697	452	189
19	363	191	0,96997	782	547	294	023
20	252	068	864	639	395	134	0,95856
21	139	0,96944	729	495	242	0,95973	687
22	024	818	592	348	087	809	516
23	0,96907	689	453	199	0,95929	643	343
24	787	558	312	048	769	476	168
25	665	424	168	0,95895	607	306	0,94991
26	539	287	020	738	442	133	810
27	406	144	0,95867	576	272	0,94955	625
28	268	0,95996	710	410	098	774	438
29	125	844	548	241	0,94922	590	248
30	0,95977	686	382	067	741	403	055
31	823	524	212	0,94890	557	214	0,93860
32	665	357	038	709	370	021	662
33	502	186	0,94860	525	180	0,93825	461
34	334	011	679	337	0,93986	626	257

Tiếp bảng I.90

1	2	3	4	5	6	7	8
35	162	0,94832	494	146	760	425	051
36	0,94986	650	306	0,93952	591	221	0,92843
37	805	464	114	756	390	016	634
38	620	273	0,93919	556	186	0,92808	422
39	431	079	720	353	0,92979	597	208
40	238	0,93882	518	148	770	385	0,91992
41	042	682	314	0,92940	558	170	774
42	0,93842	478	107	729	344	0,91952	554
43	639	271	0,92897	516	128	733	332
44	433	062	685	301	0,91910	513	108
45	226	0,92852	472	085	692	291	0,90884
46	017	640	257	0,91868	472	069	660
47	0,92806	426	041	649	250	0,90845	434
48	593	211	0,91823	429	028	621	207
49	379	0,91995	604	208	0,90805	396	0,89979
50	126	775	384	0,90985	580	168	750
51	0,91943	555	160	760	353	0,89940	519
52	723	333	0,90936	534	125	710	288
53	502	110	711	307	0,89896	479	056
54	279	0,90885	485	097	667	248	0,88823
55	055	659	258	0,89850	437	016	589
56	0,90831	433	031	621	206	0,88784	356
57	607	207	0,89803	392	0,88975	552	122
58	381	0,89980	574	162	774	319	0,87888
59	154	752	344	0,88931	512	085	653
60	0,89927	523	113	699	278	0,87851	417
61	698	293	0,88882	446	044	615	180
62	468	062	650	233	0,87809	379	0,86943
63	237	0,88830	417	0,87998	574	142	705
64	006	597	183	763	337	0,86905	466
65	0,88774	364	0,87948	527	100	667	227
66	541	130	713	291	0,86863	429	0,85987
67	308	0,87895	477	054	625	190	747
68	074	660	241	0,86817	387	0,85980	407
69	0,87839	424	004	579	148	710	266
70	0,87602	0,87187	0,86766	0,86340	0,85908	0,85470	0,85025
71	365	0,86949	527	100	667	228	0,84782
72	127	710	287	0,85859	426	0,84986	540
73	0,86888	470	047	618	184	743	297
74	648	229	0,85806	376	0,84941	500	053

Tiếp bảng I.90

1	2	3	4	5	6	7	8
75	408	0,85988	564	134	698	257	0,83809
76	168	747	322	0,84891	455	013	564
77	0,85927	505	079	647	211	0,83768	319
78	685	262	0,84835	403	0,83966	523	074
79	442	018	590	158	720	277	0,82827
80	197	0,84772	344	0,83911	473	029	578
81	0,84950	525	096	664	224	0,82780	329
82	702	277	0,83848	415	0,82974	530	079
83	453	028	599	164	724	279	0,81828
84	203	0,83777	348	0,82913	473	027	576
85	0,83951	525	095	660	220	0,81774	322
86	697	271	0,82840	405	0,81965	519	067
87	441	014	583	148	708	262	0,80811
88	181	0,82754	323	0,81888	448	003	552
89	0,82919	492	062	626	186	0,80742	291
90	654	227	0,81797	362	0,80922	478	028
91	386	0,81959	529	094	655	211	0,79761
92	114	688	257	0,80823	384	0,79941	491
93	0,81839	413	0,80983	549	111	669	220
94	561	134	705	272	0,79835	393	0,78947
95	278	0,80852	424	0,79991	555	114	670
96	0,80991	566	138	706	271	0,78831	388
97	698	274	0,79846	415	0,78981	542	100
98	399	0,79974	547	117	684	247	0,77806
99	094	670	243	0,78814	382	0,77946	507
100	0,79784	360	0,78934	506	075	641	203

Bảng I.91. **Khối lượng riêng của dung dịch rượu izopropylic C_3H_7OH – nước [30.49]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau				
	0°C	15°C(1)	15°C(1)	20°C	30°C
1	2	3	4	5	6
0	0,9999	0,9991	0,99913	0,9982	0,9957
1	0,9980	0,9973	0,9972	0,9962	0,9939
2	0,9962	0,9956	0,9954	0,9944	0,9921
3	0,9946	0,9938	0,9936	0,9926	0,9904
4	0,9930	0,9922	0,9920	0,9909	0,9887

Tiếp bảng I.91

1	2	3	4	5	6
5	0,9916	0,9906	0,9904	0,9893	0,9871
6	0,9902	0,9892	0,9890	0,9855	0,9855
7	0,9890	0,9878	0,9875	0,9839	0,9839
8	0,9878	0,9864	0,9862	0,9824	0,9824
9	0,9866	0,9851	0,9849	0,9809	0,9809
10	0,9856	0,9839	0,98362	0,9820	0,9794
11	0,9846	0,9826	0,9824	0,9808	0,9778
12	0,9839	0,9813	0,9812	0,9797	0,9764
13	0,9829	0,9802	0,9800	0,9876	0,9750
14	0,9821	0,9790	0,9788	0,9776	0,9735
15	0,9814	0,9779	0,9777	0,9765	0,9720
16	0,9806	0,9768	0,9765	0,9754	0,9705
17	0,9799	0,9756	0,9755	0,9743	0,9690
18	0,9792	0,9745	0,9741	0,9731	0,9675
19	0,9784	0,9730	0,9728	0,9717	0,9628
20	0,9777	0,9719	0,97158	0,9703	0,9642
21	0,9768	0,9704	0,9703	0,9688	0,9624
22	0,9759	0,9690	0,9689	0,9669	0,9606
23	0,9749	0,9675	0,9674	0,9651	0,9587
24	0,9739	0,9660	0,9659	0,9634	0,9569
25	0,9727	0,9643	0,9642	0,9615	0,9649
26	0,9714	0,9626	0,9624	0,9597	0,9529
27	0,9699	0,9608	0,9605	0,9577	0,9509
28	0,9684	0,9590	0,9586	0,9558	0,9488
29	0,9669	0,9570	0,9568	0,9540	0,9467
30	0,9652	0,9551	0,95493	0,9520	0,9446
31	0,9634	–	0,9530	0,9500	0,9426
32	0,9615	–	0,9510	0,9481	0,9405
33	0,9596	–	0,9489	0,9466	0,9383
34	0,9577	–	0,9468	0,9440	0,9361
35	0,9557	–	0,9446	0,9419	0,9338
36	0,9536	–	0,9424	0,9399	0,9315
37	0,9514	–	0,9401	0,9377	0,9292
38	0,9493	–	0,9379	0,9355	0,9269
39	0,9472	–	0,9356	0,9333	0,9246
40	0,9450	–	0,93333	0,9310	0,9224
41	0,9428	–	0,9311	0,9287	0,9201
42	0,9406	–	0,9288	0,9264	0,9177
43	0,9384	–	0,9266	0,9239	0,9154
44	0,9361	–	0,9243	0,9215	0,9130

Tiếp bảng 1.91

1	2	3	4	5	6
45	0,9338	–	0,9220	0,9191	0,9106
46	0,9315	–	0,9197	0,9165	0,9082
47	0,9292	–	0,9174	0,9141	0,9059
48	0,9270	–	0,9150	0,9117	0,9036
49	0,9247	–	0,9127	0,9093	0,9013
50	0,9224	–	0,91043	0,9069	0,8990
51	0,9201	–	0,9081	0,9044	0,8966
52	0,9178	–	0,9058	0,9020	0,8943
53	0,9155	–	0,9035	0,8996	0,8919
54	0,9132	–	0,9011	0,8971	0,8895
55	0,9109	–	0,8988	0,8946	0,8871
56	0,9086	–	0,8964	0,8921	0,8847
57	0,9063	–	0,8940	0,8896	0,8825
58	0,9040	–	0,8917	0,8874	0,8800
59	0,9017	–	0,8893	0,8850	0,8777
60	0,8994	–	0,88690	0,8825	0,8752
61	0,8970	–	0,8845	0,8800	0,8728
62	0,8947	0,8829	0,8321	0,8776	0,8706
63	0,8924	0,8805	0,8798	0,8751	0,8680
64	0,8901	0,8781	0,8775	0,8727	0,8656
65	0,8878	0,8757	0,8752	0,8702	0,8631
66	0,8854	0,8733	0,8728	0,8679	0,8607
67	0,8831	0,8710	0,8705	0,8656	0,8583
68	0,8807	0,8686	0,8682	0,8632	0,8559
69	0,8784	0,8662	0,8658	0,8609	0,8535
70	0,8761	0,8639	0,86346	0,8584	0,8511
71	0,8738	0,8615	0,8611	0,8560	0,8487
72	0,8714	0,8592	0,8588	0,8537	0,8464
73	0,8691	0,8568	0,8564	0,8513	0,8440
74	0,8668	0,8545	0,8541	0,8489	0,8416
75	0,8644	0,8521	0,8517	0,8464	0,8392
76	0,8621	0,8497	0,8493	0,8439	0,8368
77	0,8598	0,8474	0,8470	0,8415	0,8344
78	0,8575	0,8450	0,8446	0,8391	0,8321
79	0,8551	0,8426	0,8422	0,8366	0,8297
80	0,8528	0,8403	0,83979	0,8342	0,8273
81	0,8503	0,8379	0,8374	0,8317	0,8248
82	0,8479	0,8355	0,8350	0,8292	0,8224
83	0,8456	0,8331	0,8326	0,8268	0,8200
84	0,8432	0,8307	0,8302	0,8243	0,8175

Tiếp bảng 1.91

1	2	3	4	5	6
85	0,8408	0,8282	0,8278	0,8219	0,8151
86	0,8384	0,8259	0,8254	0,8194	0,8127
87	0,8360	0,8234	0,8229	0,8169	0,8101
88	0,8336	0,8209	0,8205	0,8145	0,8078
89	0,8311	0,8184	0,8180	0,8120	0,8053
90	0,8287	0,8161	0,81553	0,8096	0,8029
91	0,8262	0,8136	0,8130	0,8072	0,8004
92	0,8237	0,8110	0,8104	0,8047	0,7979
93	0,8212	0,8085	0,8079	0,8023	0,7954
94	0,8186	0,8060	0,8052	0,7998	0,7929
95	0,8160	0,8034	0,8026	0,7973	0,7904
96	0,8133	0,8008	0,7999	0,7949	0,7878
97	0,8106	0,7981	0,7972	0,7925	0,7852
98	0,8078	0,7954	0,7945	0,7901	0,7826
99	0,8048	0,7926	0,7918	0,7877	0,7799
100	0,8016	0,7896	0,78913	0,7854	0,7770

Chú thích : 1) giá trị của d_4^{15} lấy từ các nguồn tài liệu khác nhau.

Bảng I.92. **Khối lượng riêng của dung dịch rượu metylic CH_3OH – nước [30.51]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau			
	0°C	10°C	15°C	20°C
1	2	3	4	5
0	0,9999	0,9997	0,99913	0,9982
1	0,9981	0,9980	0,99727	0,9965
2	0,9963	0,9962	0,99543	0,9948
3	0,9946	0,9945	0,99370	0,9931
4	0,9930	0,9929	0,99198	0,9914
5	0,9914	0,9912	0,99029	0,9896
6	0,9899	0,9896	0,98864	0,9880
7	0,9884	0,9881	0,98701	0,9863
8	0,9870	0,9865	0,98547	0,9847
9	0,9856	0,9849	0,98394	0,9831

Tiếp bảng I.92

1	2	3	4	5
10	0,9842	0,9834	0,98241	0,9815
11	0,9829	0,9820	0,98093	0,9799
12	0,9816	0,9805	0,97945	0,9784
13	0,9804	0,9791	0,97802	0,9768
14	0,9792	0,9778	0,97660	0,9754
15	0,9780	0,9764	0,97518	0,9740
16	0,9769	0,9751	0,97377	0,9725
17	0,9758	0,9739	0,97237	0,9710
18	0,9747	0,9726	0,97096	0,9696
19	0,9736	0,9713	0,96955	0,9681
20	0,9725	0,9700	0,96814	0,9666
21	0,9714	0,9687	0,96673	0,9651
22	0,9702	0,9673	0,96533	0,9636
23	0,9690	0,9660	0,96392	0,9622
24	0,9678	0,9646	0,96251	0,9607
25	0,9666	0,9632	0,96108	0,9592
26	0,9654	0,9618	0,95963	0,9576
27	0,9642	0,9604	0,95817	0,9562
28	0,9629	0,9590	0,95668	0,9546
29	0,9616	0,9575	0,95518	0,9531
30	0,9604	0,9560	0,95366	0,9515
31	0,9590	0,9546	0,95213	0,9499
32	0,9576	0,9531	0,95056	0,9483
33	0,9563	0,9516	0,94896	0,9466
34	0,9549	0,9500	0,94734	0,9450
35	0,9534	0,9484	0,94570	0,9433
36	0,9520	0,9469	0,94404	0,9416
37	0,9505	0,9453	0,94237	0,9398
38	0,9490	0,9437	0,94067	0,9381
39	0,9475	0,9420	0,93894	0,9363
40	0,9459	0,9403	0,93720	0,9345
41	0,9443	0,9387	0,93543	0,9327
42	0,9427	0,9370	0,93365	0,9309
43	0,9411	0,9352	0,93185	0,9290
44	0,9395	0,9334	0,93001	0,9272
45	0,9377	0,9316	0,92815	0,9252
46	0,9360	0,9298	0,92627	0,9234
47	0,9342	0,9279	0,92436	0,9214
48	0,9324	0,9260	0,92242	0,9196
49	0,9306	0,9240	0,92048	0,9176

Tiếp bảng 1.92

1	2	3	4	5
50	0,9287	0,9221	0,91852	0,9156
51	0,9269	0,9202	0,91653	0,9135
52	0,9250	0,9182	0,91451	0,9114
53	0,9230	0,9162	0,91248	0,9094
54	0,9211	0,9142	0,91044	0,9073
55	0,9191	0,9122	0,90839	0,9052
56	0,9172	0,9101	0,90631	0,9032
57	0,9151	0,9080	0,90421	0,9010
58	0,9131	0,9060	0,90210	0,8988
59	0,9111	0,9039	0,89996	0,8968
60	0,9090	0,9018	0,89781	0,8946
61	0,9068	0,8998	0,89563	0,8924
62	0,9046	0,8977	0,89341	0,8902
63	0,9024	0,8955	0,89117	0,8879
64	0,9002	0,8933	0,88890	0,8856
65	0,8980	0,8911	0,88662	0,8834
66	0,8958	0,8888	0,88433	0,8811
67	0,8935	0,8865	0,88203	0,8787
68	0,8913	0,8842	0,87971	0,8763
69	0,8891	0,8818	0,87739	0,8738
70	0,8869	0,8794	0,87507	0,8715
71	0,8847	0,8770	0,87271	0,8690
72	0,8824	0,8747	0,87033	0,8665
73	0,8801	0,8724	0,86792	0,8641
74	0,8778	0,8699	0,86546	0,8616
75	0,8754	0,8676	0,86300	0,8592
76	0,8729	0,8651	0,86051	0,8567
77	0,8705	0,8626	0,85801	0,8542
78	0,8680	0,8602	0,85551	0,8518
79	0,8657	0,8577	0,85300	0,8494
80	0,8634	0,8551	0,85048	0,8469
81	0,8610	0,8527	0,84794	0,8446
82	0,8585	0,8501	0,84536	0,8420
83	0,8560	0,8475	0,84274	0,8394
84	0,8535	0,8449	0,84009	0,8366
85	0,8510	0,8422	0,83742	0,8340
86	0,8483	0,8394	0,83475	0,8314
87	0,8456	0,8367	0,83207	0,8286
88	0,8428	0,8340	0,82937	0,8258
89	0,8400	0,8314	0,82667	0,8230

Tiếp bảng I.92

1	2	3	4	5
90	0,8374	0,8287	0,82396	0,8202
91	0,8347	0,8261	0,82124	0,8174
92	0,8320	0,8234	0,81849	0,8146
93	0,8293	0,8208	0,81568	0,8118
94	0,8266	0,8180	0,81285	0,8090
95	0,8240	0,8152	0,80999	0,8062
96	0,8212	0,8124	0,80713	0,8034
97	0,8186	0,8096	0,80428	0,8005
98	0,8158	0,8069	0,80143	0,7976
99	0,8130	0,8040	0,79859	0,7948
100	0,8102	0,8009	0,79577	0,7917

Bảng I.93. **Khối lượng riêng của dung dịch rượu propylic C_3H_7OH – nước [30.52]**

x, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau			*x*, %	Khối lượng riêng tương đối d_4^t tại các nhiệt độ khác nhau		
	0°C	15°C	30°C		0°C	15°C	30°C
1	2	3	4	1	2	3	4
0	0,9999	0,9991	0,9957	15	0,9833	0,9793	0,9730
1	0,9982	0,9974	0,9940	16	0,9825	0,9780	0,9714
2	0,9967	0,9960	0,9924	17	0,9817	0,9768	0,9698
3	0,9952	0,9944	0,9908	18	0,9808	0,9752	0,9680
4	0,9939	0,9929	0,9893	19	0,9800	0,9739	0,9661
5	0,9926	0,9915	0,9877	20	0,9789	0,9723	0,9643
6	0,9914	0,9902	0,9862	21	0,9776	0,9705	0,9622
7	0,9904	0,9890	0,9848	22	0,9763	0,9688	0,9602
8	0,9894	0,9877	0,9834	23	0,9748	0,9670	0,9583
9	0,9883	0,9864	0,9819	24	0,9733	0,9651	0,9563
10	0,9874	0,9852	0,9804	25	0,9717	0,9633	0,9543
11	0,9865	0,9840	0,9790	26	0,9700	0,9614	0,9522
12	0,9857	0,9828	0,9775	27	0,9682	0,9594	0,9501
13	0,9849	0,9817	0,9760	28	0,9664	0,9576	0,9481
14	0,9841	0,9806	0,9746	29	0,9646	0,9556	0,9460

Tiếp bảng I.93

1	2	3	4	1	2	3	4
30	0,9627	0,9535	0,9439	65	0,8934	0,8820	0,8703
31	0,9608	0,9516	0,9418	66	0,8913	0,8800	0,8682
32	0,9589	0,9495	0,9396	67	0,8894	0,8779	0,8662
33	0,9570	0,9474	0,9375	68	0,8874	0,8759	0,8641
34	0,9550	0,9454	0,9354	69	0,8854	0,8739	0,8620
35	0,9530	0,9434	0,9333	70	0,8825	0,8719	0,8600
36	0,9511	0,9413	0,9312	71	0,8815	0,8700	0,8580
37	0,9491	0,9392	0,9289	72	0,8795	0,8680	0,8559
38	0,9471	0,9372	0,9269	73	0,8776	0,8659	0,8539
39	0,9450	0,9351	0,9247	74	0,8756	0,8639	0,8518
40	0,9430	0,9331	0,9226	75	0,8736	0,8618	0,8497
41	0,9411	0,9310	0,9205	76	0,8716	0,8598	0,8477
42	0,9391	0,9290	0,9184	77	0,8695	0,8577	0,8456
43	0,9371	0,9269	0,9164	78	0,8675	0,8556	0,8435
44	0,9352	0,9248	0,9143	79	0,8655	0,8536	0,8414
45	0,9332	0,9225	0,9122	80	0,8634	0,8516	0,8394
46	0,9311	0,9208	0,9100	81	0,8614	0,8496	0,8373
47	0,9291	0,9187	0,9079	82	0,8594	0,8475	0,8352
48	0,9271	0,9169	0,9057	83	0,8574	0,8454	0,8332
49	0,9252	0,9145	0,9036	84	0,8554	0,8434	0,8311
50	0,9232	0,9124	0,9015	85	0,8534	0,8413	0,8290
51	0,9213	0,9104	0,8994	86	0,8513	0,8393	0,8269
52	0,9192	0,9084	0,8973	87	0,8492	0,8372	0,8248
53	0,9173	0,9064	0,8952	88	0,8471	0,8351	0,8227
54	0,9153	0,9044	0,8931	89	0,8450	0,8330	0,8206
55	0,9132	0,9023	0,8911	90	0,8429	0,8308	0,8185
56	0,9112	0,9003	0,8890	91	0,8408	0,8227	0,8164
57	0,9093	0,8983	0,8869	92	0,8387	0,8266	0,8142
58	0,9073	0,8963	0,8849	93	0,8364	0,8244	0,8140
59	0,9053	0,8942	0,8828	94	0,8342	0,8221	0,8098
60	0,9033	0,8922	0,8807	95	0,8320	0,8199	0,8077
61	0,9013	0,8902	0,8786	96	0,8296	0,8176	0,8054
62	0,8993	0,8882	0,8766	97	0,8272	0,8153	0,8031
63	0,8974	0,8861	0,8745	98	0,8248	0,8128	0,8008
64	0,8954	0,8841	0,8724	99	0,8222	0,8104	0,7984
				100	0,8194	0,8077	0,7958

Khối lượng riêng của dung dịch các hợp chất hữu cơ và nước phụ thuộc vào nồng độ x của chất hòa tan (tính bằng % khối lượng) và tính theo công thức sau:

$$\rho_{dd} = \rho_n + Ax + Bx^2 + Cx^2,$$

trong đó ρ_{dd} – khối lượng riêng của dung dịch kg/l; ρ_n – khối lượng riêng của nước, kg/l; các hằng số A, B, C cho trong bảng dưới đây.

Bảng I.94. **Khối lượng riêng của một số dung dịch các hợp chất hữu cơ và nước [30.56]**

Tên chất hữu cơ hòa tan	Công thức	Nhiệt độ °C	Giới hạn thay đổi nồng độ, %	Các hằng số		
				A	*B*	*C*
1	2	3	4	5	6	7
Axetamit	C_2H_5NO	15	0–6	$0,0_3639$	$0,0_4171$	
Axetanđehit	C_2H_4O	18	0–30	$0,0_3255$	$-0,0_516$	
Axeton	C_3H_6O	0	0–100	$-0,0_3856$	$-0,0_5449$	$-0,0_7588$
		4	0–100	$-0,0_37648$	$-0,0_41193$	$0,0_8272$
		15	0–100	$-0,0_21009$	$-0,0_59682$	$-0,0_8624$
		20	0–100	$-0,0_21233$	$-0,0_53529$	$-0,0_75327$
		25	0–100	$-0,0_21171$	$-0,0_5904$	$-0,0_856$
Axetonitril	C_2H_3N	15	0–16	$-0,0_21175$	$-0,0_42024$	
Axit benzenpentacacboxilic	$C_{11}H_6O_{10}$	25	0–0,6	$0,0_25615$	$-0,0_2117$	
Axit butiric	$C_4H_8O_2$	18	0–10	$0,0_3414$	$0,0_4131$	
		25	0–62	$0,0_35135$	$-0,0_4166$	$0,0_611$
Axit cloaxetic	$C_2H_3ClO_2$	20	0–32	$0,0_23648$	$0,0_5302$	
		25	0–86	$0,0_23602$	$0,0_5552$	$0,0_722$
Axit đicloaxetic	$C_2H_2Cl_2O_2$	20	0–30	$0,0_24227$	$0,0_5537$	$0,0_77534$
		25	0–97	$0,0_24427$	$0,0_5537$	$0,0_77534$
Axit hạnh nhân	$C_8H_8O_3$	25	0–11	$0,0_2207$	$0,0_423$	
Axit izobutiric	$C_4H_8O_2$	15	0–9	$0,0_352$		
		18	0–9	$0,0_345$		
		25	0–12	$0,0_337$		
Axit izovalerianic	$C_5H_{10}O_2$	25	0–5	$0,0_3253$	$-0,0_4282$	
Axit lactic	$C_3H_6O_3$	25	0–9	$0,0_2231$	$0,0_5186$	
Axit maleic	$C_4H_4O_4$	25	0–40	$0,0_234$	$0,0_575$	
Axit malic	$C_4H_6O_5$	20	0–40	$0,0_23933$	$0,0_5957$	
		25	0–40	$0,0_23736$	$0,0_4175$	
Axit malonic	$C_3H_4O_4$	20	0–40	$0,0_2389$	$0,0_41066$	
Axit oxalic	$C_2H_2O_4$	0	0–4	$0,0_25898$	$-0,0_33185$	$0,0_441$
		15	0–4	$0,0_2494$	$-0,0_58$	
		17,5	0–9	$0,0_2494$	$-0,0_58$	

Tiếp bảng I.94

1	2	3	4	5	6	7
		20	0−4	$0,0_{2}5264$	$+0,0_{3}1996$	$0,0_{4}254$
		25	0−4	$0,0_{2}5108$	$-0,0_{3}1607$	$0,0_{4}208$
Axit propionic	$C_3H_6O_2$	18	0−10	$0,0_{3}95$	$-0,0_{4}172$	
		25	0−40	$0,0_{3}9245$	$-0,0_{5}99$	$0,0_{7}361$
Axit tatric	$C_4H_6O_6$	15	0−15	$0,0_{2}4482$	$0,0_{4}185$	
Axit tricloaxetic	$C_2HCl_3O_2$	12,5	0−61	$0,0_{2}499$	$0,0_{4}153$	
		20	10−30	$0,0_{2}5033$	$0,0_{4}1387$	
		25	0−94	$0,0_{2}5051$	$0,0_{5}6119$	$0,0_{6}1038$
Axit valerianic	$C_5H_{10}O_2$	25	0−3	$0,0_{3}34$	$-0,0_{4}27$	
Axit xitric	$C_6H_8O_7$	18	0−50	$0,0_{2}3824$	$0,0_{4}1141$	$0,0_{7}17$
Axit xuxinic	$C_4H_6O_4$	25	0−5,5	$0,0_{2}304$		
Cloral hiđrat	$C_2H_3Cl_3O_2$	0	0−70	$0,0_{2}4489$	$0,0_{4}2802$	$-0,0_{7}1291$
		15	0−78	$0,0_{2}4455$	$0,0_{4}2198$	$0,0_{7}4366$
		30	0−90	$0,0_{2}4451$	$0,0_{4}1887$	$0,0_{7}6549$
Đietylamin clohiđrat	$C_4H_{12}ClN$	21	0−36	$0,0_{3}34$	$0,0_{6}76$	
Đietyl ete	$C_4H_{10}O$	20	0−5	$-0,0_{2}221$	$0,0_{4}48$	
		25	0−45	$-0,0_{2}221$	$0,0_{4}35$	
Este tatrat đietyl	$C_8H_{14}O_6$	15	0−95	$0,0_{2}2367$	$0,0_{5}358$	$-0,0_{7}6005$
Etylamin clohiđrat	C_2H_8ClN	21	0−65	$0,0_{2}1193$	$-0,0_{5}307$	$-0,0_{7}47$
Etilenglicol	$C_2H_6O_2$	0	0−100	$0,0_{2}1483$	$0,0_{5}2992$	$-0,0_{7}5248$
		15	0−6	$0,0_{2}133$	$-0,0_{5}108$	
Fenol	C_6H_6O	15	0−5	$0,0_{2}111$	$-0,0_{4}283$	
		80	0−65	$0,0_{3}462$	$-0,0_{6}86$	
Fomanđehit	CH_2O	15	0−40	$0,0_{2}2518$	$-0,0_{5}658$	$0,0_{6}542$
Fomamit	CH_3NO	25	22−96	$0,0_{2}1217$	$0,0_{5}3199$	$-0,0_{7}2529$
Fufurol	$C_5H_4O_2$	20	0−8	$0,0_{2}1827$	$0,0_{5}366$	
		25	0−8	$0,0_{2}1664$	$0,0_{4}21$	
Metyl xetat	$C_3H_6O_2$	20	0−20	$0,0_{3}40$	$-0,0_{5}74$	
Nicotin	$C_{10}H_{14}N_2$	20	0−60	$0,0_{3}642$	$0,0_{5}454$	$-0,0_{7}687$
p-Nitrofenol	$C_6H_5NO_3$	15	0−15	$0,0_{2}3216$	$-0,0_{4}55$	
α-Picolin	C_6H_7N	25	0−70	$-0,0_{4}386$	$-0,0_{5}1405$	
β-Picolin	C_6H_7N	25	0−60	$-0,0_{4}683$	$-0,0_{5}13$	
Piriđin	C_5H_5N	25	0−60	$0,0_{3}229$	$-0,0_{5}204$	
Rezoxin	$C_6H_6O_2$	18	0−52	$0,0_{2}201$	$0,0_{5}519$	$-0,0_{8}28$
Rượu alyl	C_3H_6O	0	0−89	$-0,0_{3}3729$	$-0,0_{4}1232$	$-0,0_{8}19$
Rượu butylic	$C_4H_{10}O$	20	0−7,9	$-0,0_{2}1651$	$0,0_{4}285$	$0,0_{7}2984$
Rượu izoamylic	$C_5H_{12}O$	20	0−2,5	$0,0_{2}155$	$0,0_{4}3$	
Rượu izobutylic	$C_4H_{10}O$	15	0−8	$-0,0_{2}146$	$0,0_{5}6$	
		20	0−8	$-0,0_{2}169$	$0,0_{4}38$	
Amon tetraetylclorua	$C_8H_{20}ClN$	21	0−63	$0,0_{3}1884$	$0,0_{5}6$	

Tiếp bảng I.94

1	2	3	4	5	6	7
Tioure (tiocacbamit)	CH_4N_2S	15	0–7	0,022995	$0,0_5374$	$0,0_7122$
Trietylamin clohiđrat	$C_6H_{16}ClN$	21	0–54	$0,0_46$	$0,0_5558$	
Ure	CH_4N_2O	14,8	0–12	$0,0_23213$	$-0,0_44802$	$-0,0_869$
		18	0–51	$0,0_22718$	$0,0_51552$	$0,0_51216$
		20	0–35	$0,0_22702$	$0,0_53712$	$0,0_72573$
		25	0–10	$0,0_22728$	$-0,0_41817$	$-0,0_72285$
Uretan	$C_3H_7NO_2$	20	0–56	$0,0_21278$	$-0,0_5245$	$-0,0_73437$

Chú thích: cột "Giới hạn thay đổi nồng độ" chỉ rõ phạm vi nồng độ có thể áp dụng được công thức trên; trong các cột "Các hằng số", chỉ số in thấp chỉ số lượng số không sau dấu phẩy.

§2. Độ nhớt

1. Trong sự chảy tầng (còn gọi là chảy dòng) của chất lỏng các lớp chảy với tốc độ khác nhau sẽ tác dụng lên nhau những lực có phương tiếp tuyến với các lớp đó. Những lực này có tác dụng giảm tốc đối với lớp chảy nhanh và tăng tốc đối với lớp chảy chậm. Ta gọi đó là những *lực nhớt* hay *lực nội ma sát*. Hiện tượng nội ma sát được thuyết động học phân tử quan niệm về bản chất là hiện tượng truyền động lượng giữa các phân tử thuộc các lớp có tốc độ khác nhau.

Giữa hai lớp chất lỏng chảy tầng, mỗi lớp có diện tích S, ở cách nhau một khoảng Δl, chảy với tốc độ khác nhau một lượng Δw, có tác dụng lên nhau những lực nhớt:

$$F = \frac{1}{k} \cdot \mu \cdot \frac{\Delta w}{\Delta l} \cdot S; \qquad (I.7)$$

trong đó k - hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào các đơn vị dùng; μ - độ nhớt động lực (còn gọi là hệ số nhớt động lực hay hệ số nội ma sát) phụ thuộc vào chất lỏng; $\Delta w / \Delta l$ - gradiên của tốc độ theo phương vuông góc với dòng chảy.

Từ công thức trên ta thấy rằng nếu chất lỏng có độ nhớt động lực càng lớn thì lực nội ma sát cản trở chuyển động của các lớp chất lỏng trượt lên nhau càng lớn. Vậy độ nhớt động lực đặc trưng cho tính chất nhớt của chất lỏng. Ta rút ra công thức tính độ nhớt động lực là:

$$\mu = k \cdot \frac{F}{S} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta w} \qquad (I.8)$$

a) Đơn vị nhất quán được xác định từ phương trình (I.8) với $k = 1$, $F = 1N$, $S = 1m^2$, $\Delta l = 1m$ và $\Delta w = 1m/s$. Khi đó ta có:

$$\mu = \frac{1N}{1m^2} \cdot \frac{1m}{1m/s} = \frac{N.s}{m^2}.$$

Ta gọi *đơn vị chính* đó là *niutơn giây trên mét vuông* ký hiệu N. s/ m^2. Vậy "Niutơn giây trên mét vuông là độ nhớt động lực của một chất đồng tính, đẳng hướng, chảy tầng, khi giữa hai lớp phẳng song song với dòng chảy cách nhau một mét có hiệu tốc độ một mét trên giây và trên bề mặt các lớp đó xuất hiện ứng suất tiếp một niutơn trên mét vuông" [11.103].

Thứ nguyên của độ nhớt động lực:

$$[\mu] = \left[\frac{F}{S} \cdot \frac{l}{W}\right] = L^{-1}MT^{-1},$$

của đơn vị chính $\left[\frac{\mathrm{N.s}}{\mathrm{m}^2}\right] = \mathrm{m^{-1}kg\ s^{-1}}$

b) Đơn vị phụ. Trong hệ CGS cũ đơn vị đo độ nhớt là *poa*, ký hiệu là P, đo bằng *din giây trên centimét vuông*. Các ước của *poa* là: 1 *centipoa* (cP) = 10^{-2}P; 1 *milipoa* (mP) = 10^{-3}P; 1 *micrôpoa* (μP) = 10^{-6}P.

Trong hệ ký thuật cũ MKS đơn vị đo độ nhớt động lực là *kilôgam lực giây trên mét vuông*, ký hiệu là kgl.s/m^2.

c) Quan hệ giữa đơn vị đo độ nhớt động lực của các hệ trên là:

$$1\ \mathrm{N.s/m^2} = 10\mathrm{P} = 1000\ \mathrm{cP} = 0{,}102\ \mathrm{kgl.s/m^2}$$

$$1\ \mathrm{kgl.s/m^2} = 98{,}1\mathrm{P} = 9810\ \mathrm{cP}.$$

Tính gần đúng có thể coi:

$$1\ \mathrm{kgl.s/m^2} \approx 10^4.\mathrm{cP} \approx 10\mathrm{N.s/m^2}.$$

2. Độ nhớt của một số chất lỏng hữu cơ ở 20°C có thể tính gần đúng theo công thức thực nghiệm sau: [40.355]

$$\lg(\lg\mu) = K\frac{\Delta}{\mathrm{M}} - 2{,}9; \qquad \text{(I.9)}$$

trong đó μ - độ nhớt của chất lỏng hữu cơ ở áp suất khí quyển và 20°C, mP; Δ - khối lượng riêng tương đối của chất lỏng (tỉ khối so với nước); M - khối lượng phân tử; K - hằng số, phụ thuộc vào cấu trúc phân tử của chất lỏng và bằng:

$$K = \sum An + \sum p; \qquad \text{(I.10)}$$

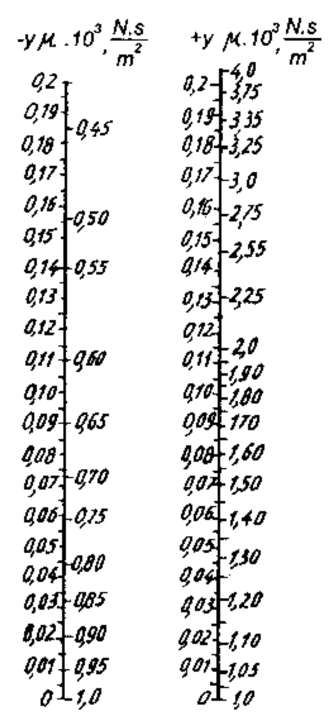
ở đây A - số nguyên tử cùng tên trong phân tử chất lỏng; n - trị số của hằng số nguyên tử (bảng I.95); p - hệ số điều chỉnh, phụ thuộc vào các nhóm nguyên tử và đặc trưng liên kết giữa chúng với nhau (bảng I.96).

Bảng I.95. **Các hằng số nguyên tử để tính độ nhớt**

Nguyên tử	H	O	N	Cl	Br	I	C
Hằng số nguyên tử n	2,7	29,7	37,0	60,0	79,0	110,0	50,2

Bảng I.96. **Hệ số điều chỉnh *p* cho các hằng số nguyên tử của độ nhớt**

Đặc tính liên kết và nhóm	*p*	Đặc tính của liên kết và nhóm	*p*
Liên kết kép	−15,5	O	
Vòng 5C	−24,0	R−C	+16,0
Vòng 6C	−21,0	H	
Nhóm vòng 6C:	−9,0	O	
khối lượng mol < 17	−17,0	R−C	+5,0
khối lượng mol > 17		CH_3	
Vị trí octo và para của nhóm	+3,0 1,0	$-CH{=}CH-CH_2X$	+4,0
thế thứ hai		(X - nhóm hóa trị âm)	
Vị trí meta của nhóm thế thứ hai	8,0	R	
R R		CH−X'	+6,0
CH−CH		R	
R R	13,0	(X-nhóm hóa trị âm)	
R		−OH	+4,7
R−C−R		−COO	−19,6
R		−COOH	−7,9
		$-NO_2$	−16,4



Hình I.17. **Toán đồ để xác định độ nhớt động lực của các chất lỏng hữu cơ [40.357]**

Để xác định độ nhớt một cách nhanh hơn ta có thể dùng toán đồ (I.17). Trước hết ta phải tính trước giá trị của *y* theo phương trình

$$y = K\frac{\Delta}{M} - 2,9 \qquad (I.11)$$

Khi *y* có giá trị dương thì ta dùng thang bên phải, còn khi *y* có giá trị âm thì dùng thang bên trái.

3. Độ nhớt của các hỗn hợp chất lỏng thường không liên hợp

$$\lg\mu_{hh} = x_1\lg\mu_1 + x_2\lg\mu_2 + ...; \quad (I.12)$$

trong đó μ_1, μ_2... - độ nhớt động lực của các cấu tử thành phần; x_1, x_2... - nồng độ mol của các cấu tử trong hỗn hợp.

Đối với các dung dịch không thể coi là dung dịch lý tưởng thì tính toán theo phương trình (I.12) sẽ được kết quả sai khác nhiều so với số liệu thực nghiệm.

4. Độ nhớt của các huyền phù loãng (khi nồng độ pha rắn nhỏ hơn 10% thể tích) có

thể tính theo công thức:

$$\mu_{hp} = \mu_1(1 + 2{,}5\varphi),\ N.s/m^2; \tag{I.13}$$

trong đó μ_1 - độ nhớt động lực của môi trường hay chất lỏng nguyên chất, $N.s/m^2$; φ - nồng độ pha rắn trong huyền phù, tính bằng phần thể tích.

Khi nồng độ pha rắn lớn hơn 10% thể tích:

$$\mu_{hp} = \mu_1(1 + 4{,}5\varphi),\ N.s/m^2. \tag{I.14}$$

5. Độ nhớt của nhũ tương. Nếu độ nhớt của pha phân tán lớn hơn độ nhớt của môi trường (pha liên tục) và thể tích của môi trường lớn hơn 40% thể tích chung của nhũ tương thì có thể tính theo công thức:

$$\mu_{nt} = \frac{\mu_o}{1-x}\left(1 + x\frac{\sigma\mu_p}{\mu_o + \mu_p}\right),\ \frac{N.s}{m^2}. \tag{I.15}$$

Nếu độ nhớt của pha phân tán nhỏ hơn độ nhớt của môi trường và thể tích của môi trường nhỏ hơn 40% thể tích chung của nhũ tương thì tính theo công thức:

$$\mu_{nt} = \frac{\mu_o}{1-x}\left(1 + x\frac{15\mu_p}{\mu_o + \mu_p}\right),\ \frac{N.s}{m^2}. \tag{I.16}$$

Trong hai công thức trên: μ_{nt} - độ nhớt nhũ tương, $N.s/m^2$; μ_o, μ_p - độ nhớt của môi trường (pha liên tục) và của pha phân tán, $N.s/m^2$; x - nồng độ pha phân tán tính bằng phần thể tích.

6. Nếu biết độ nhớt của chất lỏng ở hai nhiệt độ khác nhau, ta có thể tìm độ nhớt của nó ở nhiệt độ bất kỳ bằng cách so sánh với độ nhớt của một chất lỏng được chọn làm chuẩn mà ta đã biết độ nhớt của chất lỏng chuẩn này ở mọi nhiệt độ. Ta dùng công thức:

$$\frac{t_{\mu_1} - t_{\mu_2}}{\theta_{\mu_1} - \theta_{\mu_2}} = K = \text{const}; \tag{I.17}$$

trong đó t_{μ_1}, t_{μ_2} - nhiệt độ của chất lỏng có độ nhớt là μ_1 và μ_2 ; θ_{μ_1}, θ_{μ_2} - nhiệt độ của chất lỏng chuẩn có cùng giá trị độ nhớt là μ_1 và μ_2; K - giá trị không đổi đối với mỗi chất lỏng.

Công thức (I.17) xây dựng trên cơ sở qui tắc chung về tính chất tuyến tính của các hàm số hóa kỹ thuật đơn trị do Paplov xác lập. [28.22].

7. Độ nhớt của hỗn hợp khí có thể tính theo các phương pháp khác nhau [40.357]

a) Công thức gần đúng:

$$\frac{M_{hh}}{\mu_{hh}} = \frac{m_1M_1}{\mu_1} + \frac{m_2M_2}{\mu_2} + \ldots \tag{I.18}$$

trong đó M_{hh}, M_1, M_2... - trọng lượng phân tử của hỗn hợp khí và của các cấu tử thành phần; μ_{hh}, μ_1, μ_2... - độ nhớt của hỗn hợp khí và của các cấu tử thành phần; m_1, m_2 ... - nồng độ của các cấu tử tính bằng phần thể tích.

b) Theo công thức thực nghiệm đã được kiểm chứng đối với hàng loạt hỗn hợp khí (khí than cốc, khí của lò khí hóa v.v...) ở áp suất khí quyển [40.358]

$$\mu_{hh} = \frac{m_1\mu_1\sqrt{M_1T_{th1}} + m_2\mu_2\sqrt{M_2T_{th2}} + \ldots}{m_1\sqrt{M_1T_{th1}} + m_2\sqrt{M_2T_{th2}} + \ldots} ; \quad \text{(I.19)}$$

trong đó μ_{hh} - độ nhớt của hỗn hợp khí ở nhiệt độ t và áp suất khí quyển; μ_1, μ_2 - độ nhớt của các cấu tử ở nhiệt độ t; m_1, m_2 - nồng độ phần thể tích của các cấu tử; M_1, M_2 - trọng lượng phân tử các cấu tử; T_{th1}, T_{th2} - nhiệt độ tới hạn của các cấu tử, °K.

Giá trị của đại lượng $\sqrt{M.T_{th}}$ đối với một vài chất khí cho trong bảng dưới đây.

Bảng I.97. **Giá trị $\sqrt{M.T_{th}}$ của một số chất khí**

Khí	Công thức	M	T_{th}	$\sqrt{M.T_{th}}$
Butan	C_4H_{10}	58	426	157,0
Cacbon đioxit	CO_2	44	304	115,5
Cacbon oxit	CO	28	134	61,4
Etan	C_2H_6	30	305	95,6
Etilen	C_2H_4	28	283	89,0
Hexan	C_6H_{14}	86	508	209,0
Hiđro	H_2	2	33	8,13
Hơi nước	H_2O	18	617	108,0
Không khí	–	29	132,7	61,9
Metan	CH_4	16	190	55,1
Nitơ	N_2	28	126	59,5
Oxi	O_2	32	150	70,2
Pentan	C_5H_8	72	470	184,0
Propan	C_3H_8	44	370	128,0

8. Độ nhớt của hỗn hợp khí thay đổi theo nhiệt độ có thể tính theo công thức sau:

$$\mu_t = \mu_o \frac{273 + C}{T + C}\left(\frac{T}{273}\right)^{3/2}, \quad \text{(I.20)}$$

trong đó μ_o - độ nhớt động lực của khí ở nhiệt độ 0°C; T - nhiệt độ của khí, °K; C - hằng số phụ thuộc từng loại khí (xem bảng I.113)

9. Độ nhớt động. Đại lượng

$$\nu = k\frac{\mu}{\rho} ; \quad \text{(I.21)}$$

với ρ là khối lượng riêng của chất lỏng, được gọi là *độ nhớt động* của chất lỏng đó. Độ nhớt động có giá trị càng lớn nếu chất lỏng có hệ số nhớt động lực càng lớn và khối lượng riêng càng nhỏ.

a) Đơn vị nhất quán được xác định từ phương trình (I.21) với $k = 1$; $\mu = 1$ (N.s/m^2) và $\rho = 1$(kg/m^3),
khi đó

$$\nu = \frac{1\text{Ns/m}^2}{1\text{kg/m}^3} = 1 \ (\text{m}^2/\text{s}).$$

Ta gọi đơn vị chính đó là *mét vuông trên giây*, ký hiệu là m^2/s. Vậy: "Mét vuông trên giây là độ nhớt động của một chất có độ nhớt động lực 1 niutơn giây trên mét vuông và khối lượng riêng 1 kilôgam trên mét khối".

b) *Đơn vị phụ:* trong hệ CGS cũ đơn vị đo độ nhớt động là *stôc* (ký hiệu là St) bằng 1/10000 mét vuông trên giây hay bằng 1 cm^2/s:

$$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ cm}^2/\text{s}.$$

Các ước của *stôc* là: *centistôc* (cSt) = 10^{-2} St; *milistôc* (mSt) = 10^{-3} St; *micróstôc* (μSt) = 10^{-6} St.

Trong hệ kỹ thuật cũ MKS đơn vị đo độ nhớt động là *mét vuông trên giây* nghĩa là giống như đơn vị chính hợp pháp.

10. Đối với các chất lỏng nhớt hơn nước thì độ nhớt động lực thường được xác định bằng *nhớt kế Engler* và độ nhớt đó được gọi là độ nhớt Engler, ký hiệu là E:

$$E = \tau_1/\tau_2; \qquad (I.22)$$

trong đó τ_1 - thời gian chảy 200 cm^3 chất lỏng cần xác định độ nhớt ở nhiệt độ đã cho của nhớt kế; τ_2 - thời gian chảy 200 cm^3 nước cất ở nhiệt độ 20°C của nhớt kế.

Để chuyển từ độ nhớt Engler sang độ nhớt động ta có thể dùng các công thức sau đây: [40.362]

Công thức Ubenhot:

$$\nu = (0{,}0732E - 0{,}0631/E).10^{-4}, \text{ m}^2/\text{s}. \qquad (I.23)$$

Công thức Phogen (chính xác hơn):

$$\nu = 0{,}076E(1 - 1/E^3).10^{-4}, \text{ m}^2/\text{s}; \qquad (I.24)$$

trong đó E - độ nhớt Engler.

Để chuyển đổi đơn vị từ độ nhớt động sang độ nhớt Engler có thể dùng bảng I.98 dưới đây.

Bảng I.98. **Chuyển đổi đơn vị từ độ nhớt động sang độ nhớt Engler E [40.361]**

$\nu.10^6, m^2/s$	E	$\nu.10^6, m^2/s$	E	$\nu.10^6, m^2/s$	E	$\nu.10^6, m^2/s$	E
1,0	1,000	7,8	1,634	32	4,32	80	10,54
1,2	1,027	8,0	1,651	33	4,44	82	10,81
1,4	1,052	8,2	1,669	34	4,57	84	11,07
1,6	1,075	8,4	1,687	35	4,70	86	11,33
1,8	1,098	8,6	1,704	36	4,82	88	11,59
2,0	1,119	8,8	1,722	37	4,95	90	11,86
2,2	1,140	9,0	1,740	38	5,08	92	12,12
2,4	1,160	9,2	1,758	39	5,21	94	12,38
2,6	1,179	9,4	1,776	40	5,33	96	12,64
2,8	1,198	9,6	1,794	41	5,46	98	12,91
3,0	1,217	9,8	1,813	42	5,59	100	13,17
3,2	1,235	10,0	1,831	43	5,72	105	13,83
3,4	1,271	11,0	1,924	44	5,85	110	14,48
3,6	1,289	12,0	2,02	45	5,98	115	15,14
3,8	1,307	13,0	2,12	46	6,11	120	15,80
4,0	1,307	14,0	2,22	47	6,23	125	16,45
4,2	1,341	15,0	2,32	48	6,37	130	17,11
4,6	1,359	16,0	2,43	49	6,50	135	17,77
4,8	1,376	17,0	2,53	50	6,82	140	18,43
5,0	1,393	18,0	2,64	52	6,88	145	19,08
5,2	1,410	19,0	2,75	54	7,14	150	19,74
5,4	1,427	20,0	2,87	56	7,41	155	20,40
5,6	1,444	21,0	2,98	58	7,67	160	21,06
5,8	1,461	22,0	3,10	60	7,93	165	21,71
6,0	1,479	23,0	3,22	62	8,19	170	22,37
6,2	1,496	24,0	3,34	64	8,45	175	23,03
6,4	1,513	25,0	3,46	66	8,71	180	23,69
6,6	1,530	26,0	3,58	68	8,97	185	24,35
6,8	1,547	27,0	3,70	70	9,23	190	25,0
7,0	1,564	28,0	3,82	72	9,50	195	25,66
7,2	1,582	29,0	3,94	74	9,76	200	26,3
7,4	1,599	30,0	4,07	76	10,02	205	27,0
7,6	1,616	31,0	4,19	78	10,28	210	27,6

11. Các bảng số liệu về độ nhớt

Bảng I.99. **Độ nhớt của các đơn chất [37.983]**

t, °C	$\mu.10^3$, Ns/m^2	t, °C	$\mu.10^3$, Ns/m^2	t, °C	$\mu.10^3$, Ns/m^2	t, °C	$\mu.10^3$, Ns/m^2
1	2	3	4	5	6	7	8
Ag		30	0,897	Cu		1300	2,40
1167	3,02	35	0,855	1085	3,36	1350	2,00
1200	2,98	40	0,817	1100	3,33	1400	1,75
Bi		45	0,780	1150	3,22	Fe–96%	C–4%
304	1,662	50	0,746	1200	3,12	1250	2,10
45	1,271	55	0,715	Fe		1300	1,75
60	1,000	60	0,686	Fe-97,5%	C-2,5%	1350	1,55
601	0,996	Ca		1350	2,65	1400	1,45
Br_2		349	1,44	1400	2,25	Hg	
0	1,253	406	1,37	Fe-97%	C-3%	–20	1,855
5	1,178	466	1,27	1300	2800	–10	1,764

Tiếp bảng I.99

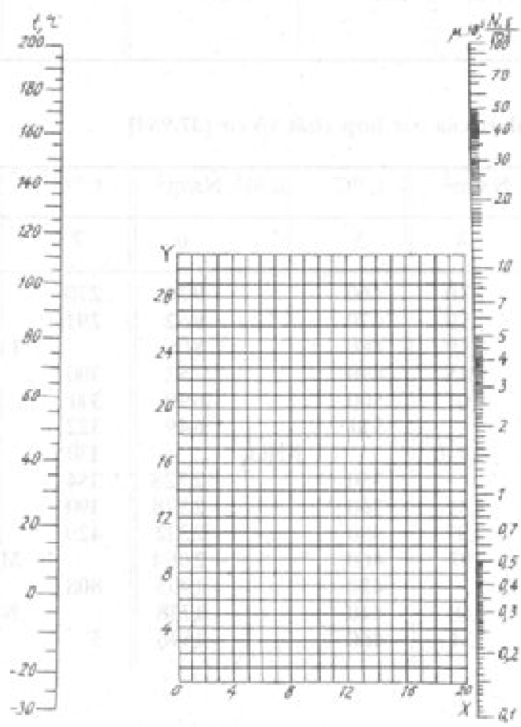
t, °C	$\mu.10^3$, $N.s/m^2$	t, °C	$\mu.10^3$, $N.s/m^2$	t, °C	$\mu.10^3$, $N.s/m^2$	t, °C	$\mu.10^3$, $N.s/m^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
10	1,107	506	1,18	1350	2,375	0	1,685
15	1,045	550	1,15	1400	2,025	10	1,615
20	0,991	603	1,10	Fe-96,5%	C-3,5%	20	1,554
25	0,942			1250	2,90	30	1,499
40	1,450	45,05	1,70	S		400	1,38
50	1,407	48,1	1,64	159,5	14,45	450	1,27
60	1,367	50,5	1,60	160,0	22,83	500	1,18
70	1,331	53,65	1,55	160,3	77,32	550	1,11
80	1,298	60,2	1,45	165	$0,5.10^3$	600	1,05
90	1,268	69,7	1,32	171	4,5.103	650	0,99
100	1,240	79,9	1,21	184	16.103	700	0,94
110	1,214	Pb		190,5	$19,7.10^3$	750	0,91
120	1,191	350	2,648	197,5	$21,3.10^3$	800	0,87
130	1,169	400	2,315	200	$21,5.10^3$	Zn	
140	1,149	450	2,057	210	$20,5.10^3$	450	3,168
150	1,130	500	1,850	217	$19,1.10^3$	500	2,779
200	1,052	550	1,681	220	$18,6.10^2$	550	2,476
250	0,995	600	1,540	Sb		600	2,233
300	0,950	650	1,438	650	1,50	650	2,033
340	0,921	700	1,356	700	1,26	700	1,865
K		750	1,29	750	1,16		
100	0,466	800	1,23	800	1,08		
150	0,382	850	1,18	850	1,05		
200	0,324	S		Sn			
Na		123	10,94	240	1,91		
100	0,814	135,5	8,66	260	1,82		
132	0,742	149,5	7,09	280	1,74		
183	0,635	156,3	7,19	300	1,67		
P		159,2	9,48	350	1,51		
43,2	1,73						

***Bảng I.100.* Độ nhớt của các hợp chất vô cơ [37,984]**

t, °C	$\mu.10^3$, $N.s/m^2$	t, °C	$\mu.10^3$, $N.s/m^2$	t, °C	$\mu.10^3$, $N.s/m^2$	t, °C	$\mu.10^3$, $N.s/m^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
AgBr		280	27,0	460	9,20	270	6,260
609	1,863	290	25,0	470	8,62	291	5,476
649	1,661	300	23,0	480	8,06	$LiNO_3$	
688	1,487	320	20,5	490	7,52	300	5,058
770	1,217	340	18,0	500	6,99	310	4,698
803	1,192	$CaCl_2$		510	6,49	322	4,318
AgCl		800	4,940	KNO_3		330	4,240
603	1,606	$HgBr_2$		350	2,728	354	3,630
632	1,466	240	3,31	360	2,578	390	2,490
669	1,372	247	2,97	380	2,312	429	2,054
734	1,186	258	1,97	400	2,094	$MgCl_2$	
AgI		KBr		420	1,905	808	4,120
605	3,026	745	1,48	440	1,738	N_2H_4	
630	2,748	775	1,34	460	1,596	5	1,21

Tiếp bảng I.100

1	2	3	4	5	6	7	8
698	2,375	805	1,19	480	1,476	10	1,12
730	2,123	KCl		500	1,380	15	1,04
792	1,854	790	1,42	520	1,301	20	0,97
827	1,556	835	1,21	540	1,239	25	0,91
$AgNO_3$		920	0,99	550	1,211	N_2O_4	
244	3,77	1035	0,71	KOH		0,72	0,5220
265	3,27	$K_2Cr_2O_7$		400	2,3	5,09	0,4954
275	3,04	400	13,16	450	1,7	9,15	0,4720
309	2,61	410	12,41	500	1,3	15,36	0,4401
342	2,29	420	11,71	550	1,0	Na_3AlF_6	
$BiCl_3$		430	11,05	600	0,8	1000	2,800
260	32,0	440	10,42	$LiNO_3$		NaBr	
270	29,5	450	9,80	260	6,477	762	1,42
766	1,35	$NaNO_3$		750	440	538	4,02
780	1,28	380	2,077	800	300	558	3,59
NaCl		400	1,895	850	210	578	3,28
825	1,432	420	1,741	$PbBr_2$		598	3,06
850	1,275	440	1,616	372	10,2	608	2,95
875	1,138	460	1,518	392	8,06	$SnCl_4$	
900	1,017	NaOH		412	6,97	30	0,806
925	0,912	350	4,0	432	6,13	40	0,725
950	0,820	400	2,8	452	5,38	50	0,668
975	0,752	450	2,2	472	4,70	UF_6	
1000	0,704	500	1,8	492	4,07	70	0,91
$NaNO_3$		550	1,5	$PbCl_2$		80	0,86
315	2,916	$NaPO_3$		498	5,53	90	0,76
320	2,826	650	1250	518	4,66		
340	2,527	700	700				
360	2,283						



Cách dùng. Qua điểm xác định bởi tọa độ X và Y đối với chất đã cho (xem bảng ở các trang 93, 94) và điểm ứng với nhiệt độ (trên thang bên trái) rồi kéo dài đến thang độ nhớt (thang bên phải). Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị phải tìm.

Chuyển đổi đơn vị:

1. $N.s/m^2 = 10^3 cP = 10 P$.

Hình I.18. **Toán đồ để xác định độ nhớt của một số chất lỏng vô cơ và hữu cơ [49.95, 30.119]**

Bảng I.101. **Độ nhớt của một số chất lỏng**

Chất	Công thức	Độ nhớt ở các nhiệt độ $\mu.10^3 N.s/m^2$											
		-20^oC	-10^oC	0^oC	10^oC	20^oC	30^oC	40^oC	50^oC	60^oC	80^oC	100^oC	120^oC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Anilin	C_6H_7N	-	-	10,2	6,5	4,4	3,12	2,3	1,8	1,5	1,1	0,8	6,59
Anhiđrit sunfurơ	SO_2	0,455	0,41	0,368	0,334	0,304	0,279	-	-	-	-	-	-
Amoniac lỏng	NH_3	0,258	0,251	0,244	0,235	0,226	0,217	0,208	0,199	0,19	-	-	-
Axeton	C_3H_6O	0,50	0,442	0,395	0,356	0,322	0,393	0,268	0,246	0,23	0,20	0,17	0,15
Axit aminofocmic	CH_3ON	-	-	7,5	5,0	3,75	2,94	2,43	2,04	1,71	1,17	0,83	0,63
Axit axetic	$C_2H_4O_2$	-	-	-	1,45	1,21	1,04	0,9	0,79	0,70	0,56	0,46	-
Axit fomic	CH_2O_2	-	-	-	2,262	1,804	1,46	1,219	1,025	0,89	0,68	0,549	-
Benzen	C_6H_6	-	-	0,91	0,76	0,65	0,56	0,492	0,436	0,39	0,316	0,261	0,219
Benzen bromua	C_6H_5Br	-	-	1,52	1,311	1,13	0,99	0,89	0,79	0,72	0,60	0,52	-
Benzen clorua	C_6H_5Cl	1,48	1,25	1,06	0,91	0,80	0,71	0,64	0,57	0,52	0,435	0,37	0,32
Benzen florua	C_6H_5F	-	-	0,745	0,646	0,584	0,519	0,471	0,427	0,388	0,327	0,275	0,231
Benzen iođua	C_6H_5I	-	-	-	1,97	1,69	1,45	1,26	1,12	0,99	0,81	0,69	0,58
o-Bromtoluen	C_7H_7Br	-	-	2,21	1,81	1,51	1,29	1,12	-	0,87	0,71	0,54	-
m-Bromtoluen	C_7H_7Br	-	-	1,733	1,45	1,25	1,08	0,96	-	0,76	0,63	0,53	-
Cacbon đisunfua	CS_2	0,556	0,488	0,433	0,396	0,366	0,319	0,29	0,27	0,25	0,21	0,19	0,17
Cacbon tetraclorua	CCl_4	1,9	1,68	1,35	1,13	0,97	0,84	0,74	0,65	0,59	0,472	0,387	0,323
Cloizopropan	C_3H_7Cl	-	-	0,402	0,358	0,322	0,286	-	-	-	-	-	-
o-Clotoluen	C_7H_7Cl	-	-	1,40	1,19	1,02	0,89	0,79	-	0,63	0,52	0,44	-
m-Clotoluen	C_7H_7Cl	-	-	1,18	1,01	0,88	0,76	0,68	-	0,55	0,46	0,39	-
p-Clotoluen	C_7H_7Cl	-	-	-	1,03	0,89	0,78	0,70	-	0,56	0,47	0,40	-
Clorofom	$CHCl_3$	0,90	0,79	0,70	0,63	0,57	0,51	0,466	0,426	0,39	0,33	0,29	0,26
Dầu thầu dầu		-	-	-	2440	987	455	233	129	77	32	-	-
Dung dịch amoniac 25%		-	-	-	1,72	1,30	1,05	0,855	0,71	0,60	0,42	0,32	0,23
Dung dịch canxi clorua 25%	$CaCl_2$	10,6	7	4,47	3,36	2,74	2,25	1,85	1,55	-	-	-	-
Dung dịch natri clorua 20%	$NaCl$	-	0,48	2,67	1,99	1,56	1,24	1,03	0,87	0,74	0,57	0,46	0,38
Dung dịch natri hiđroxit 50%	$NaOH$	-	-	-	-	-	46	25	16	8,03	5,54	3,97	3,42
" " 40%		-	-	-	-	40	23	14	9,20	5,44	3,62	2,72	2,37
" " 30%		-	-	-	-	13	9	6,30	4,60	3,40	2,16	1,82	1,71
" " 20%		-	-	-	-	4,48	3,3	2,48	2,9	1,62	1,27	1,15	1,08
" " 10%		-	-	-	-	1,86	1,45	1,16	0,98	0,91	0,70	0,65	0,60
Đibrometilen	$C_2H_4Br_2$	-	-	2,422	2,03	1,71	1,47	1,28	1,12	0,995	0,80	0,67	0,56
Đicloetan	$C_2H_4Cl_2$	1,54	1,24	1,08	0,95	0,84	0,74	0,65	0,565	0,51	0,42	0,36	0,31

Tiếp bảng I.101

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Điclometilen	CH_2Cl_2	0,68	0,602	0,537	0,481	0,435	0,393	0,363	-	-	-	-	-
Etan bromua	C_2H_5Br	-	-	0,487	0,441	0,40	0,348	0,321	0,293	0,268	0,230	0,199	0,173
Etan clorua	C_2H_5Cl	0,392	0,354	0,32	0,291	0,266	0,244	0,244	-	-	-	-	-
Etan iođua	C_2H_5I	-	-	0,725	-	0,292	0,54	0,495	-	-	-	-	-
Ete dietyl	$C_4H_{10}O$	0,362	0,323	0,284	-	0,233	0,213	0,197	-	0,166	0,14	0,118	-
Ete etyl axetat	$C_4H_8O_2$	-	-	0,582	0,512	0,458	0,403	0,36	0,234	0,294	0,246	0,208	0,178
Ete etyl fomiat	$C_3H_6O_2$	-	-	0,51	0,45	0,402	0,358	0,319	0,308	-	-	-	-
Ete metyl axetat	$C_3H_6O_2$	-	-	0,479	0,425	0,381	0,344	0,312	0,284	0,258	0,217	0,182	0,154
Ete metyl fomiat	$C_2H_4O_2$	-	-	0,429	0,385	0,348	0,318	-	-	-	-	-	-
Etilen glucoza	$C_2H_6O_2$	-	-	-	-	19,9	13,2	9,13	-	4,95	3,02	1,99	1,40
Etyl tetraclorua	C_2Cl_4	-	-	1,14	1,0	0,88	0,80	0,72	0,66	0,60	0,51	0,441	0,383
Fenol	C_6H_6O	-	-	-	-	11,6	7,0	4,77	3,43	2,56	1,59	1,05	0,78
Fenyl florua	C_6H_5F	-	-	0,745	0,646	0,584	0,519	0,471	0,427	0,388	0,327	0,275	0,231
Glixerin 50%		-	-	12,0	8,50	6,05	1,25	3,50	2,60	2,0	1,20	0,73	0,45
Hexan	C_6H_{14}	0,479	0,426	0,397	0,355	0,32	0,29	0,264	0,241	0,221	0,19	0,158	0,132
Metan iođua	CH_3I	-	-	0,606	-	0,50	0,46	0,424	-	-	-	-	-
Metyl clorua	CH_3Cl	-	-	0,221	0,202	0,183	0,166	0,152	0,140	0,129	0,108	0,089	0,072
Nitrobenzen	$C_6H_5NO_2$	-	-	3,09	2,46	2,01	1,69	1,41	1,24	1,09	0,87	0,70	0,58
Nitrometan	CH_3NO_2	-	-	0,85	0,74	0,66	0,595	0,53	0,478	0,433	0,357	-	-
o-Nitrotoluen	$C_7H_7NO_2$	-	-	3,82	2,96	2,37	1,94	1,63	-	1,21	0,94	0,76	-
m-Nitrotoluen	$C_7H_7NO_2$	-	-	-	-	2,33	1,91	1,60	-	1,18	0,92	0,75	-
Nước	H_2O	-	-	1,79	1,31	1,0	0,801	0,656	0,549	0,469	0,357	0,284	0,232
Octan	C_8H_{18}	0,968	0,829	0,703	0,61	0,54	0,479	0,428	0,386	0,35	0,291	0,245	0,208
Oleum 20%		-	-	95	60	36,6	28,8	20,8	12,8	9,0	5,3	-	-
Piperazin	$C_4H_{10}N_2$	-	-	1,33	1,12	0,974	0,83	0,735	0,651	0,58	0,482	-	-
Propan clorua	C_3H_7Cl	-	-	0,436	0,39	0,352	0,319	0,291	-	-	-	-	-
Rượu butylic	$C_4H_{10}O$	10,3	7,4	5,19	3,87	2,95	2,28	1,78	1,41	4,133	0,762	0,532	0,394
Rượu etylic 100%	C_2H_6O	2,38	2,23	1,78	1,46	1,19	1,0	0,825	0,701	0,591	0,435	0,326	0,248
" " 80%		-	-	3,69	2,71	2,01	1,53	1,20	0,97	0,79	0,57	0,52	0,43
" " 60%		-	-	5,75	3,77	2,67	1,93	1,45	1,13	0,90	0,60	0,45	0,34
" " 40%		-	-	7,14	4,39	2,91	2,02	1,48	1,13	0,89	0,60	0,44	0,34
" " 20%		-	-	5,32	3,17	2,18	1,55	1,16	0,51	0,74	0,51	0,38	0,30
Rượu izobutylic	$C_4H_{10}O$	18,4	12,3	8,30	5,65	3,95	2,88	2,12	1,61	1,24	0,78	0,52	-
Rượu izopropylic	C_3H_8O	10,1	6,80	4,60	3,26	2,39	1,77	1,33	1,03	0,80	0,52	-	-
Rượu propylic	C_3H_8O	6,90	5,10	3,883	2,897	2,234	2,72	2,40	1,129	0,921	0,628	0,443	-
Tiofen	C_4HS_4	-	-	0,871	0,753	0,658	0,582	0,52	0,468	0,424	0,352	-	-
Toluen	C_7H_8	1,06	0,90	0,768	0,667	0,586	0,522	0,466	0,42	0,381	0,319	0,271	0,231

Bảng dùng cho toán đồ hình I.18

Tên chất lỏng	Tọa độ		Tên chất lỏng	Tọa độ	
	X	Y		X	Y
Alyl bromua	14,4	9,6	Axit acrilic	12,3	13,9
Alyl iodua	14,0	11,7	Axit axetic 100%	12,1	14,2
Amoniac 100%	12,6	2,0	" 70%	9,5	17,0
" 26%	10,1	13,9	Axit butiric	12,1	15,3
Amyl axetat	11,8	12,5	Axit clohidric 31,5%	13,0	6,6
Anhiđrit axetic	12,7	12,8	Axit closunfonic	11,2	18,1
Anilin	8,1	18,7	Axit fomic	10,7	15,8
Anizon	12,3	13,5	Axit izobutiric	12,2	14,4
Asen triclorua	13,9	14,5	Axit nitric 95%	12,8	13,8
Axetanđehit	15,2	14,8	" 60%	10,8	17,0
Axeton 100%	14,5	7,2	Axit propionic	12,8	13,8
Axeton 35%	7,9	15,0	Axit sunfuric 110%	7,2	27,4
Axetonitril	14,4	7,4	" 100%	8,0	25,1
Axit sunfuric 98%	7,0	24,8	Etyl axetat	13,7	0,1
" 60%	10,2	21,3	Etylbenzen	13,2	11,5
Benzen	12,5	10,9	Etyl bromua	14,5	8,1
Brom	14,2	13,2	2-Etylbutylacrilat	11,2	14,0
Bromtoluen	20,0	15,9	Etyl cloru	14,8	6,0
Butyl acrilat	11,5	12,6	Etyl fomiat	14,2	8,4
Butyl axetat	12,3	11,0	2-etylhexylacrilat	9,0	15,0
Cacbon đioxit	11,6	0,3	Etyl iodua	14,7	10,3
Cacbon đisunfua	16,1	7,5	Etyl propionat	13,2	9,9
Cacbon tetraclorua	12,7	13,1	Fenol	6,9	20,8
Canxi clorua 25%	6,6	15,9	Fenyl clorua	12,3	12,4
Clorofom	14,4	10,2	Fenyl florua	13,7	10,4
o-Clotoluen	13,0	13,3	Fenyl iodua	12,8	15,9
m-Clotoluen	13,3	12,5	Freon-11	14,4	9,0
p-Clotoluen	13,3	12,5	Freon-12	16,8	5,6
Crezol	2,5	20,8	Freon-21	15,7	7,5
Dầu lửa	10,2	16,9	Freon-22	17,2	4,7
Dầu thô	7,5	27,2	Freon-113	12,5	14,4
Dầu thông	11,5	14,9	Glixerin 100%	2,0	30,0
Đibromometan	12,7	15,8	" 50%	6,9	19,6
Đicloetan	13,2	12,3	Heptan	14,1	8,4
Điclometan	14,6	8,9	Hexan	14,7	7,0
Đietilenglicol	5,0	24,7	Izopropyl bromua	14,1	9,2
Đietyl oxalat	12,3	15,3	Izopropyl clorua	13,9	7,1
Đietyl sunfua	13,8	8,9	Izoprpyl iodua	13,7	11,2
Đietyl xeton	13,5	9,2	Lưu huỳnh đioxit	15,2	7,1
Đifenyl	12,0	18,3	Metilen clorua	14,6	8,9
Đemetyl oxalat	12,3	15,8	Metyl acrilat	13,0	9,5
Đimetyl sunfua	15,3	6,4	Metyl axetat	14,2	8,2
Đipropyl oxalat	10,3	17,7	Metyl clorua	15,0	3,8
Ete đipropyl	13,2	8,6	Metyletylxeton	13,9	8,6
Ete etyl propyl	14,0	7,0	Metyl fomiat	14,2	7,5
Ete etyl	14,5	5,3	Metyl iodua	14,3	9,3
Etilen bromua	11,9	15,7	Metyl propionat	13,5	9,0
Etilenglicol	6,0	23,6	Metylpropylxeton	14,3	9,5

Tiếp bảng dùng cho toán đồ hình I.18

Tên chất lỏng	Tọa độ		Tên chất lỏng	Tọa độ	
	X	Y		X	Y
Etiliden clorua	14,1	8,7	Naftalen	7,9	18,1
Etyl acrilat	12,7	10,4	Natri	16,4	13,9
Natri clorua 25%	10,2	16,6	Rượu metylic 100%	12,4	10,5
Nitơ dioxit	12,9	8,6	" 90%	12,3	11,8
Nitrobenzen	10,6	16,2	" 40%	7,8	15,5
Nitrotoluen	11,0	17,0	Rượu octylic	6,6	21,1
Nước	10,2	13,0	Rượu propylic	9,1	16,5
Octan	13,7	10,0	Sunfurylclorua	15,2	12,4
Pentacloetan	10,9	17,3	Tetracloetan	11,9	15,7
Pentan	14,9	5,2	Tetracloetilen	14,2	12,7
Photpho tribromua	13,3	16,7	Thiếc clorua	13,5	12,8
Photpho triclorua	16,2	10,9	Tiofen	13,2	11,0
Propyl axetat	13,1	10,3	Thủy ngân	18,4	16,4
Propyl bromua	14,5	9,6	Titan tetraclorua	14,4	13,3
Propyl clorua	14,4	7,5	Toluen	13,7	10,4
Propyl fomiat	13,1	9,7	Tricloetilen	14,8	10,5
Propyl iođua	14,1	11,6	Trietilenglicol	4,7	24,8
Rượu alylic	10,2	14,3	Vinyl axetat	14,0	8,8
Rượu amylic	7,5	18,4	Vinyltoluen	13,4	12,0
Rượu butylic	8,6	17,2	Xiclohexan	9,8	12,9
Rượu etylic 100%	10,5	13,8	Xiclohexanol	2,9	24,3
" 95%	9,8	14,3	*o*-Xilol (*o*-xilen)	13,5	12,1
" 40%	6,5	16,6	*m*-Xilol (*m*-xilen)	13,9	10,6
Rượu izobutylic	7,1	18,0	*p*-Xilol (*p*-xilen)	13,9	10,9
Rượu izopropylic	8,2	16,0	Xút 50%	3,2	25,8

Bảng I.102. **Độ nhớt của nước phụ thuộc vào nhiệt độ [30.111]**

Nhiệt độ, °C	Độ nhớt $\mu.10^3$,Ns/m²	Nhiệt độ, oC	Độ nhớt $\mu.10^3$,Ns/m²	Nhiệt độ, °C	Độ nhớt $\mu.10^3$,Ns/m²
1	2	3	4	5	6
0	1,792	15	1,14	30	0,8007
1	1,731	16	1,111	31	0,7840
2	1,673	17	1,083	32	0,7679
3	1,619	18	1,065	33	0,7523
4	1,567	19	1,030	34	0,7371
5	1,519	20	1,005	35	0,7225
6	1,473	20,2	1,000	36	0,7085
7	1,428	22	0,9579	37	0,6947
8	1,386	23	0,9385	38	0,6814
9	1,346	24	0,9142	39	0,6685
10	1,308	25	0,8937	40	0,6560
11	1,271	26	0,8739	41	0,6439
12	1,236	27	0,8545	42	0,6321
13	1,203	28	0,8360	43	0,6207
14	1,171	29	0,8180	44	0,6097

Tiếp bảng I.102

1	2	3	4	5	6
45	0,5988	65	0,4355	85	0,3355
46	0,5883	66	0,4293	86	0,3315
47	0,5782	67	0,4233	87	0,3276
48	0,5683	68	0,4174	88	0,3239
49	0,5588	69	0,4117	89	0,3202
50	0,5494	70	0,4061	90	0,3165
51	0,5404	71	0,4006	91	0,3130
52	0,5315	72	0,3952	92	0,3095
53	0,5229	73	0,3900	93	0,3060
54	0,5146	74	0,3849	94	0,3027
55	0,5064	75	0,3799	95	0,2994
56	0,4985	76	0,3750	96	0,2962
57	0,4907	77	0,3702	97	0,2930
58	0,4832	78	0,3655	98	0,2899
59	0,4759	79	0,3610	99	0,2868
60	0,4688	80	0,3565	100	0,2838
61	0,4618	81	0,3521		
62	0,4550	82	0,3478		
63	0,4483	83	0,3436		
64	0,4418	84	0,3395		

Bảng I.103. **Độ nhớt tương đối của nước phụ thuộc nhiệt độ và áp suất [37.987]**

Số liệu trong bảng dưới đây là tỉ lệ giữa độ nhớt của nước ở nhiệt độ và áp suất đã cho và độ nhớt của nước ở 0°C và áp suất 1 at.

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C			
	0	10,3	30	75
1	1,000	(0,779)	(0,488)	(0,222)
500	0,908	0,375	0,500	0,230
1000	0,921	0,743	0,514	0,239
1500	0,932	0,745	0,530	0,247
2000	0,957	0,754	0,550	0,258
3000	1,024	0,791	0,599	0,278
4000	1,111	0,842	0,658	0,302
5000	1,218	0,908	0,720	0,333
6000	1,347	0,981	0,785	0,367
7000	...	1,064	0,850	0,404
8000	...	1,152	0,923	0,445
9000	...	...	0,989	0,494
10000	...	...	1,058	...
11000	...	...	1,126	...

Bảng I.104. Độ nhớt của nước ở nhiệt độ cao hơn 100°C [37.986]

t,°C	μ, cP	t,°C	μ, cP	t,°C	μ, cP(1)
101	0,282	109	0,259	170	0,166(1)
102	0,279	110	0,256	180	0115(1)
103	0,276	120	0,232	190	0,146(1)
104	0,273	130	0,212	200	0,139(1)
105	0,270	140	0,196	210	0,134(1)
106	0,267	150	0,184	220	0,129(1)
107	0,264	160	0,174	225	0,128(1)
108	0,262	160	0,178(1)		

Chú thích: 1) số liệu từ một loại phép đo khác.

Bảng I.105. Độ nhớt tương đối của dung dịch các hợp chất vô cơ trong nước [39.418]

Số liệu trong bảng dưới đây là tỉ lệ giữa độ nhớt động lực của dung dịch ở 25°C và độ nhớt động lực của nước ở 25°C.

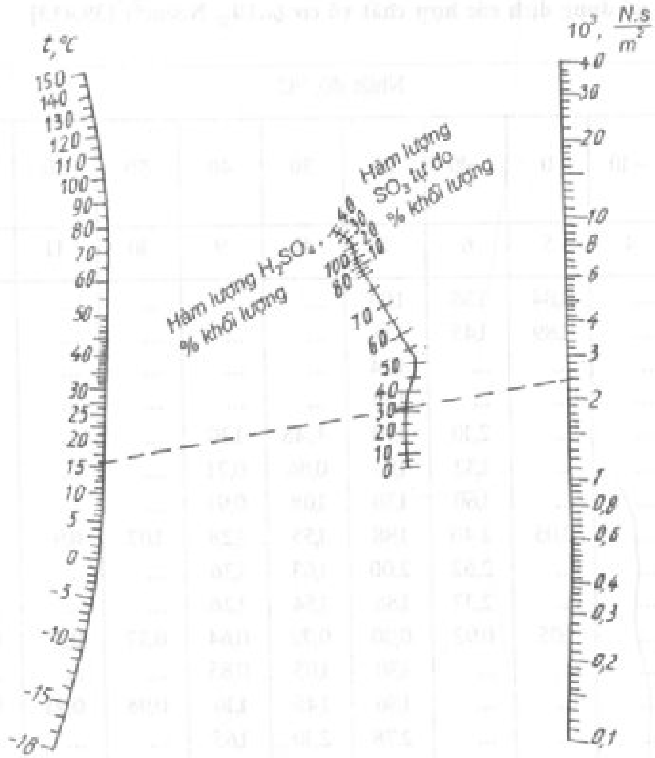
Tên chất hòa tan	Nồng độ, đương lượng g/l (đlg/l)			
	1,0	0,5	0,25	0,125
1	2	3	4	5
HCl	1,0671	1,0338	1,0166	1,0096
HBr	1,0320	1,0164	1,0095	1,0068
$HClO_3$	1,0520	1,0255	1,0145	1,0059
$HClO_4$	1,0118	1,0032	0,9998	0,9992
H_2SO_4	1,0898	1,0433	1,0216	1,0082
HNO_3	1,0266	1,0115	1,0052	1,0027
H_3PO_4	1,2871	1,1331	1,0656	1,0312
H_3AsO_4	1,2707	1,1291	1,0595	1,0309
HCOOH	1,0312	1,0169	1,0092	1,0049
CH_3COOH	1,1131	1,0596	1,0304	1,0171
LiCl	1,1423	1,0665	1,0314	1,0116
NaOH	1,2355	1,1087	1,0560	1,0302
NaCl	1,0973	1,0471	1,0239	1,0126
Na_2SO_4	1,2291	1,1058	1,0122	1,0235
$NaNO_3$	1,0655	1,0259	1,0122	1,0069
Na_2CO_3	1,2847	1,1367	1,0610	1,0310
KOH	1,1294	1,0637	1,0313	1,0130
KCl	0,9872	0,9874	0,9903	0,9928
K_2SO_4	1,1051	1,0486	1,0206	1,0078
KNO_3	0,9753	0,9822	0,9870	0,9921
K_2CO_3	1,1667	1,0784	1,0391	1,0192
RbCl	0,9846	...		...

Tiếp bảng I.105

1	2	3	4	5
CsCl	0,9775	...	...	...
NH_4OH	1,0245	1,0105	1,0058	1,0030
NH_4Cl	0,9884	0,9976	0,9990	0,9999
$(NH_4)_2SO_4$	1,1114	1,0552	1,0302	1,0418
NH_4NO_3	0,9722	0,9862	0,9908	0,9958
$MgCO_2$	1,2015	1,0940	1,0445	1,0206
$MgSO_4$	1,3672	1,1639	1,0784	1,0320
$Mg(NO_3)_2$	1,1706	1,0824	1,0396	1,0198
$CaCl_2$	1,1563	1,0764	1,0362	1,0172
$Ca(NO_3)_2$	1,1172	1,0553	1,0218	1,0076
$SrCl_2$	1,1411	1,0674	1,0338	1,0141
$Sr(NO_3)_2$	1,1150	1,0491	1,0240	1,0114
$BaCl_2$	1,1228	1,0572	1,0263	1,0128
$Ba(NO_3)_2$	1,0893	1,0437	1,0214	1,0084
$Al_2(SO_4)_3$	1,4064	1,1782	1,0825	1,0381
K_2CrO_4	1,1133	1,0528	1,0224	1,0116
$K_2Cr_2O_7$	...	1,0061	1,0934	0,9999
$MnCl_2$	1,2089	1,0982	1,0481	1,0230
$MnSO_4$	1,3640	1,1690	1,0761	1,0366
$Mn(NO_3)_2$	1,1831	1,0867	1,0426	1,0235
$FeCl_3$	1,2816	1,1334	1,0602	1,0302
$K_3Fe(CN)_6$	1,0610	1,0211	1,0108	1,0082
$K_4Fe(CN)_6$	1,1124	1,0516	1,0228	1,0116
$CoCl_2$	1,2041	1,0975	1,0482	1,0232
$CoSO_4$	1,3543	1,1598	1,0766	1,0402
$Co(NO_3)_2$	1,1657	1,0754	1,0318	1,0180
$NiCl_2$	1,2055	1,0968	1,0443	1,0210
$NiSO_4$	1,3615	1,1615	1,0751	1,0323
$Ni(NO_3)_2$	1,1800	1,0840	1,0422	1,0195
$CuCl_2$	1,2050	1,0977	1,0470	-1,0268
$CuSO_4$	1,3580	1,1603	1,0802	1,0384
$Cu(NO_3)_2$	1,1792	1,0802	1,0400	1,0179
$AgNO_3$	1,1150	1,0491	1,0240	1,0114
$ZnCl_2$	1,1890	1,0959	1,0526	1,0238
$ZnSO_4$	1,3671	1,1726	1,0824	1,0358
$Zn(NO_3)_2$	1,1642	1,0875	1,0390	1,0186
$CdCl_2$	1,1342	1,0631	1,0310	1,0202
$CdSO_4$	1,3476	1,1574	1,0780	1,0335
$Cd(NO_3)_2$	1,1648	1,0742	1,0385	1,0117
$HgCl_2$	1,0460	...	1,0116	1,0042
$Pb(NO_3)_2$	1,1010	1,0418	1,0174	1,0066

Bảng I.106. **Độ nhớt của dung dịch axit sunfuric và oleum** (μ, cP) [39.415]

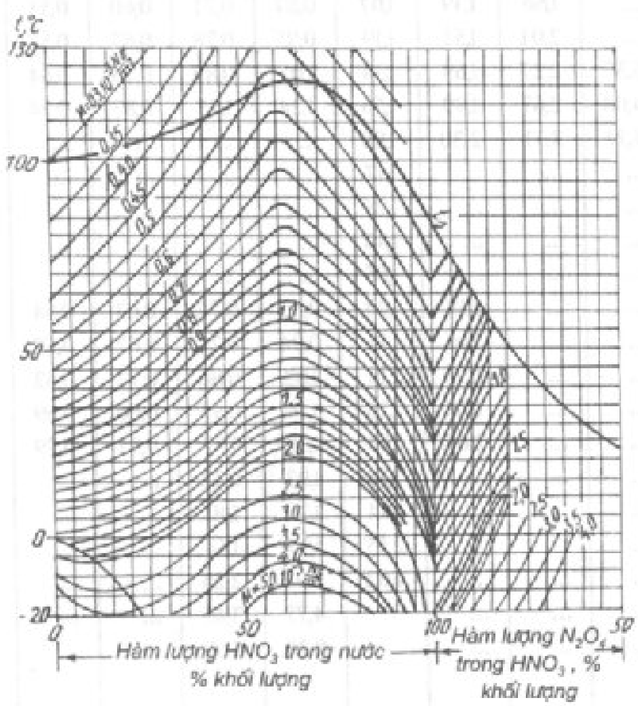
$\%H_2SO_4$	Nhiệt độ, °C				
	15	20	30	40	50
1	2	3	4	5	6
10	1,47	1,12	0,99	0,76	0,58
20	1,83	1,38	1,19	0,95	0,76
30	2,44	1,82	1,52	1,21	0,99
40	3,24	2,48	2,10	1,62	1,39
50	4,65	3,58	2,72	2,30	1,90
55	5,74	4,48	3,38	2,88	2,28
60	7,15	5,52	4,08	3,42	2,77
65	9,32	7,10	5,78	4,55	3,55
70	12,8	9,65	7,90	6,10	4,20
75	18,6	13,9	10,6	8,10	5,90
80	31,3	23,2	15,2	10,7	7,72
82	32,2	23,6	15,9	12,1	8,11
85	32,3	23,7	16,1	12,4	8,48
88	32,1	23,5	15,9	12,2	8,50
89	31,9	23,3	15,7	11,95	8,50
90	31,7	23,1	15,55	11,8	8,45
91	31,6	23,0	15,5	11,75	8,42
92	31,65	23,05	15,55	11,8	8,40
93	31,7	23,1	15,6	12,05	8,40
94	31,85	23,2	15,65	12,2	8,52
95	32,1	23,4	15,75	12,35	8,71
96	32,6	23,9	16,0	12,5	8,95
97	33,7	24,8	16,5	12,7	9,15
98	34,9	25,8	17,1	12,9	9,46
99	36,1	26,8	17,7	13,6	9,75
100	37,2	27,8	18,5	14,2	9,80
Nồng độ SO_3 tự do, %	Nhiệt độ, °C				
	15	20	30	40	50
1	36,9	27,5	18,25	13,8	9,75
2	36,8	27,45	18,2	13,6	9,59
3	37,2	27,85	18,55	13,7	9,65
4	37,8	28,4	19,00	14,1	9,92
5	38,7	29,1	20,6	14,7	10,1
10	42,0	31,9	23,6	16,9	11,0
15	45,1	34,6	26,5	19,0	11,9
20	47,4	36,6	28,8	20,8	12,8
25	48,8	38,0	30,9	22,6	13,7
30	49,8	39,0	32,6	24,1	14,6
35	...	39,8	34,1	25,5	15,5
40	...	40,4	35,3	26,7	16,4
45	...	40,7	36,3	27,7	17,0
50	...	40,9	37,2	28,5	17,2
55	...	41,0	37,5	28,8	17,2
60	...	41,0	37,8	28,8	17,0
70	...	40,4	37,0	27,9	15,9
80	...	39,2	34,7	25,5	14,0
90	...	37,4	30,1	21,0	11,6
100	...	34,5	18,2	11,85	...



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và nồng độ dung dịch, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt. Giao điểm sẽ cho giá trị của độ nhớt μ cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.19. **Toán đồ để xác định độ nhớt của dung dịch axit sunfuric và oleum [49.102]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ (trên trục tung) và nồng độ của dung dịch (trên trục hoành), kẻ hai đường thẳng góc với nhau. Đường cong độ nhớt đi qua gần nhất với giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của độ nhớt phải tìm.

Biểu đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

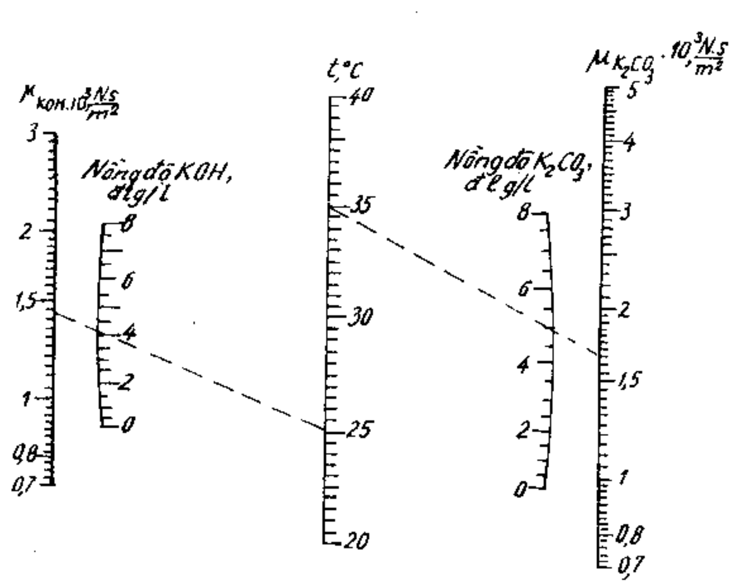
Hình I.20. **Biểu đồ để xác định độ nhớt của dung dịch axit nitric trong nước và dung dịch nitơ peoxit (N_2O_4) trong axit nitric [49.101]**

Bảng I.107. **Độ nhớt của một số dung dịch các hợp chất vô cơ ($\mu.10_3$, $N.s/m^2$) [39.413]**

Tên chất	Nồng độ, % khối lượng	Nhiệt độ, °C									
		−20	−10	0	+10	20	30	40	50	60	80
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HCl	5	...	...	1,84	1,38	1,08	...	...	...	...	...
	10	...	...	1,89	1,45	1,16	...	...	...	...	...
	15	...	...	...	...	1,24	...	...	...	...	...
	20	...	...	...	...	1,36	...	...	...	...	...
	30	...	...	...	2,10	1,70	1,48	1,30	...	...	...
HNO_3	20	...	...	...	1,32	1,05	0,86	0,71	...	...	...
	40	...	...	...	1,60	1,30	1,08	0,91	...	...	...
	50	...	...	3,05	2,40	1,88	1,55	1,28	1,07	0,9	0,68
	60	...	...	...	2,62	2,00	1,63	1,36	...	...	...
	80	...	...	...	2,37	1,88	1,54	1,26	...	...	...
	100	...	...	1,05	0,92	0,80	0,72	0,64	0,57	0,5	0,39
NaOH	5	...	...	...	...	1,30	1,05	0,85	...	...	...
	10	...	...	...	...	1,86	1,45	1,16	0,98	0,91	0,70
	15	...	...	...	...	2,78	2,10	1,65	...	...	...
	20	...	...	...	...	4,48	3,30	2,48	2,0	1,63	1,27
	25	...	...	...	...	7,42	5,25	3,86	...	...	...
NaCl	5	...	...	1,86	1,39	1,07	0,87	0,71	0,60	0,51	0,40
	10	...	...	2,01	1,51	1,19	0,95	0,78	0,67	0,57	0,45
	15	...	3,37	2,27	1,69	1,34	1,07	0,89	0,75	0,64	0,50
	20	...	4,08	2,67	1,99	1,56	1,24	1,03	0,87	0,74	0,57
	25	...	5,19	3,31	2,38	1,86	...	...	...	...	...
Na_2SO_4	5	...	...	...	...	1,17	...	...	...	...	...
	10	...	...	...	...	1,29	...	...	...	...	...
	15	...	...	...	...	1,43	...	...	...	...	...
	20	...	...	...	...	1,85	...	...	...	...	...
$NaNO_3$	10	...	...	...	1,38	1,07	0,88	0,72	0,63	0,54	...
	15	...	...	...	1,46	1,12	0,94	0,78	0,67	0,58	...
	20	...	...	...	1,59	1,18	1,03	0,86	0,72	0,62	...
	25	...	...	...	1,78	1,25	1,14	0,95	0,80	0,69	...
	30	...	...	...	2,05	1,33	1,30	1,07	0,91	0,79	...
Na_2CO_3	5	...	...	...	...	1,29	1,03	0,32	...	...	...
	10	...	...	...	...	1,74	1,38	1,10	...	...	...
	15	...	...	...	...	2,55	1,97	1,54	...	...	...
	20	...	...	...	...	4,02	2,91	2,25	...	...	...
	25	...	...	...	...		4,77	3,45	...	...	...
	30	...	...	...	...		8,35	5,60	...	...	...

Tiếp bảng I.107

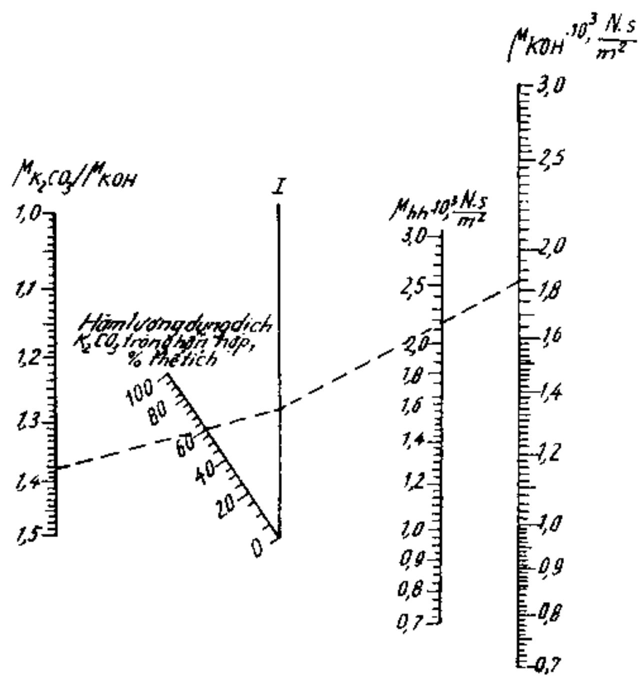
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
KOH	5	...	...	...	...	1,19	0,80	0,74	...	...	...
	10	...	...	...	...	1,23	1,00	0,83	...	...	...
	15	...	...	...	...	1,40	1,15	0,96	...	...	...
	20	...	...	...	...	1,63	1,33	1,11	...	...	...
	25	...	...	...	...	1,94	1,59	1,31	...	...	...
	30	...	...	...	...	2,36	1,93	1,57	...	...	...
KCl	5	...	...	1,70	1,27	0,99	0,80	0,66	0,56	0,48	0,38
	10	...	...	1,63	1,25	0,99	0,81	0,67	0,57	0,49	0,40
	15	...	...	1,58	1,24	1,00	0,83	0,69	0,59	0,52	0,42
	20	...	...	...	1,25	1,02	0,85	0,72	0,62	0,54	0,44
	25	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0,47
KNO_3	5	...	...	1,68	1,25	0,98	0,80	0,66	0,56	0,49	...
	10	...	...	1,61	1,22	0,97	0,80	0,67	0,58	0,50	...
	15	...	...	...	1,21	0,98	0,80	0,69	0,59	0,51	...
	20	...	...	...	1,25	1,01	0,81	0,70	0,60	0,53	...
	30	...	...	...	...	...	0,89	...	...	...	...
NH_4NO_3	5	...	...	1,67	1,24	0,97	0,79	0,66	0,56	0,48	...
	10	...	...	1,58	1,20	0,96	0,79	0,66	0,57	0,50	...
	20	...	...	1,49	1,16	0,97	0,79	0,68	0,60	0,53	...
	30	...	...	1,51	1,20	1,00	0,84	0,73	0,64	0,57	...
	40	...	...	...	1,32	1,10	0,94	0,81	0,72	0,64	...
	50	...	...	...	1,58	1,33	1,14	0,99	0,88	0,77	...
$MgCl_2$	10	...	...	2,8	2,0	1,5	...	...	...	...	...
	15	...	5,4	3,8	2,7	2,0	...	...	...	...	...
	20	11,7	8,0	5,3	3,8	2,7	...	...	...	...	...
	25	21,2	13,2	8,4	5,6	4,1	...	...	...	...	...
	30	...	22,3	13,2	8,8	6,4	...	...	...	...	...
	35	...	...	19,3	13,1	10,1	...	...	...	...	...
$MgSO_4$	5	...	...	...	...	1,28	...	...	...	...	...
	10	...	...	...	...	1,67	...	...	...	...	...
	15	...	...	...	...	2,24	...	...	...	...	...
	20	...	...	...	...	3,04	...	...	...	...	...
	25	...	...	...	...	4,25	...	...	...	...	...
	30	...	...	...	...	6,01	...	...	...	...	...
$CaCl_2$	5	...	...	1,93	1,41	1,10	...	...	...	...	...
	10	...	...	2,17	1,58	1,27	...	...	...	...	...
	15	...	4,4	2,58	1,87	1,52	...	...	...	...	...
	20	...	4,9	3,14	2,32	1,89	...	...	...	...	...
	25	10,1	6,3	4,03	3,05	1,54	...	...	...	...	...
	30	14,7	9,1	5,8	4,4	3,6	...	...	...	...	...
	35	...	14,2	8,9	6,6	5,1	...	...	...	...	...



Hình I.21. Toán đồ để xác định độ nhớt của dung dịch kali hiđroxit và kali cacbonat [49.109]

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ dung dịch, kẻ đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt. Giao điểm cho giá trị của độ nhớt phải tìm.

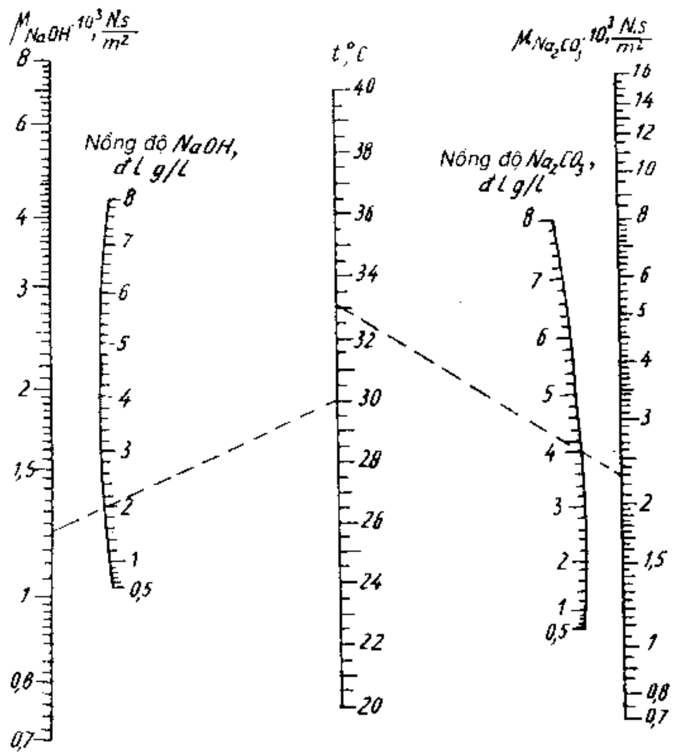
Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



Hình I.22. Toán đồ để xác định độ nhớt của hỗn hợp các dung dịch kali hiđroxit và kali cacbonat [49.111]

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với tỉ lệ độ nhớt của các dung dịch đầu ($\mu_{K_2CO_3}/\mu_{KOH}$ - thang bên trái) và nồng độ thể tích của dung dịch K_2CO_3 trong hỗn hợp, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến đường phụ I. Từ giao điểm nhận được trên đường phụ I đó kẻ đường thẳng đến giá trị độ nhớt của dung dịch KOH trên thang bên phải. Giao điểm của đường này với thang độ nhớt của hỗn hợp (thang thứ hai từ bên phải) cho giá trị cần tìm.

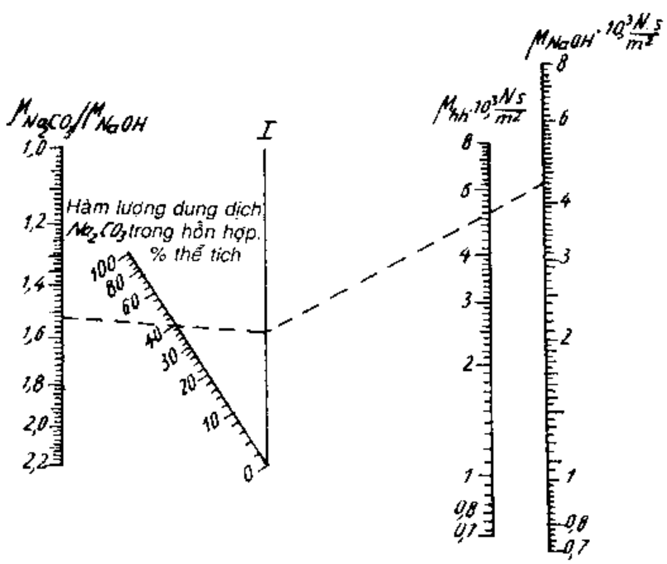
Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



Hình I.23. **Toán đồ để xác định độ nhớt của dung dịch xút NaOH**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và nồng độ dung dịch, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt tương ứng. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của độ nhớt cần tìm.

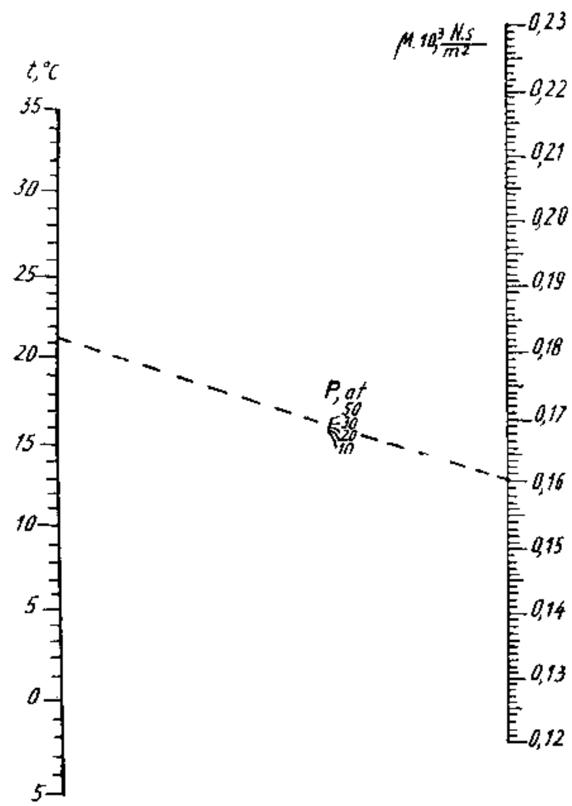
Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



Hình I.24. **Toán đồ để xác định độ nhớt của hỗn hợp các dung dịch xút NaOH và natri cacbonat Na_2CO_3[49.110]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với tỉ lệ độ nhớt của các dung dịch đầu ($\mu_{Na_2CO_3}/\mu_{NaOH}$) ở thang bên trái và nồng độ thể tích của dung dịch natri cacbonat ở thang thứ hai từ bên trái, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến đường phụ I. Từ giao điểm nhận được trên đường phụ đó kẻ đường thẳng đến giá trị độ nhớt của dung dịch xút ở thang bên phải. Giao điểm của đường này với thang độ nhớt của hỗn hợp (thang thứ hai từ bên phải) cho giá trị cần tìm.

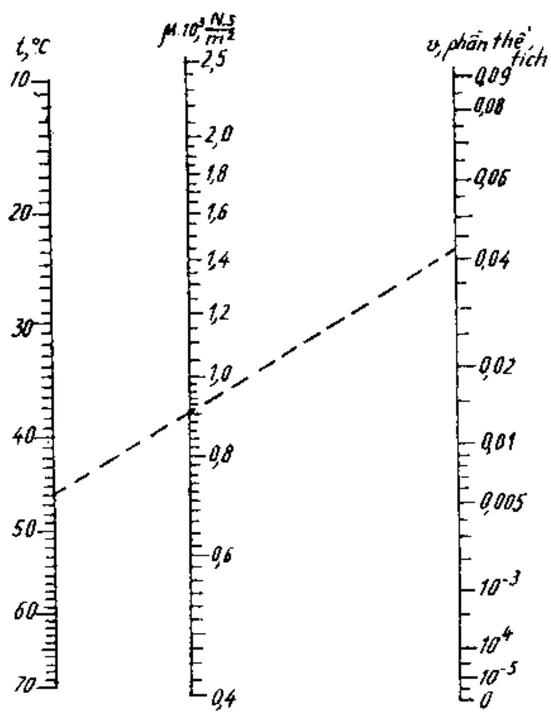
Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và áp suất, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt. Giao điểm sẽ cho giá trị của độ nhớt cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.25. **Toán đồ để xác định độ nhớt của amoniac lỏng phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất [49.100]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ và nồng độ phần thể tích pha rắn trong huyền phù ν, kẻ một đường thẳng cắt ngang độ nhớt tại một điểm. Giao điểm đó cho giá trị độ nhớt cần tìm.

Toán đồ được xây dựng theo phương trình:

$$\mu = \frac{\mu_n}{1 - \nu^{1/2}} \quad ;$$

trong đó μ_n - độ nhớt của nước; ν - nồng độ phần thể tích của pha rắn trong huyền phù.

Hình I.26. **Toán đồ để xác định độ nhớt của huyền phù trong nước [49.113]**

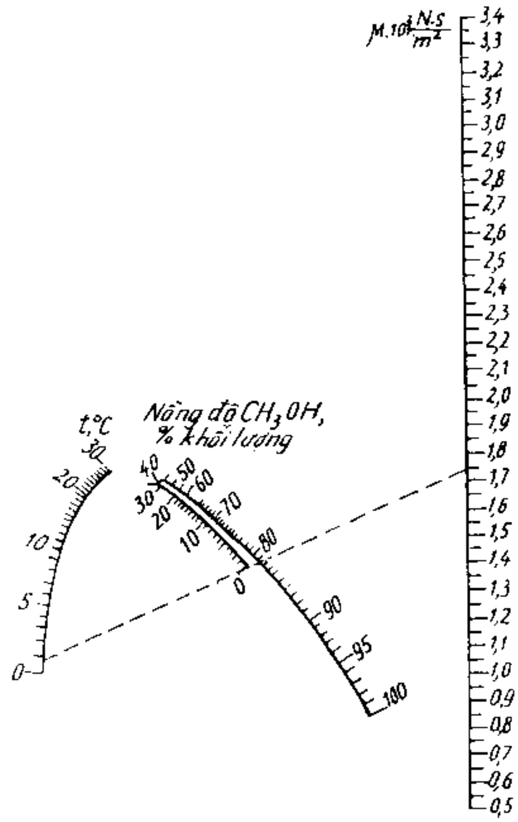
Bảng I.108. **Độ nhớt của một số tác nhân lạnh ($\mu.10^6$, kgl.s/m²) [37.1005]**

Chuyển đổi đơn vị: 1N.s/m² = 0,101972 kgl.s/m²

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C: –15	–10	0	10	20	30	40
				CO_2			
5	1,38	1,40	1,42	1,45	1,49	1,52	1,60
10	1,43	1,45	1,47	1,51	1,54	1,62	
20	1,58	1,56	1,53	1,51	1,55	1,58	1,67
30	12,04	11,44	1,63	1,59	1,61	1,65	1,72
40	12,33	11,85	10,56	1,71	1,70	1,73	1,80
50	12,60	12,16	10,06	9,14	1,82	1,82	1,90
60	12,82	12,43	11,47	9,73	7,27	1,96	2,01
70	13,04	12,66	12,83	10,22	8,01	2,24	2,18
80	13,23	12,90	12,16	11,66	8,60	5,61	2,47
90	13,44	13,12	12,43	11,06	9,10	6,51	3,32
100	13,62	13,33	12,67	11,41	9,54	7,21	4,70
110	13,81	13,53	12,90	11,72	9,93	7,82	5,72
120	13,97	13,72	12,11	12,01	10,28	8,35	6,44

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C: –20	–10	0	10	20	45	80
				NH_3			
1	0,88	0,92	0,95	0,99	1,02	1,12	1,24
2	25,78	0,98	0,98	1,01	1,04	1,12	1,24
6	27,04	26,16	24,98	1,20	1,16	1,15	1,26
10	27,89	27,10	26,07	24,64	22,81	1,23	1,31
14	28,45	27,75	26,77	25,43	23,72	1,39	1,41
18	28,85	28,18	27,24	25,93	24,28	...	1,60
22	29,16	28,52	27,57	26,30	24,66	...	1,89
26	29,40	28,76	27,82	26,57	24,97	...	...
				SO_2			
0,5	1,07	1,11	1,15	1,21	1,26	1,32	1,39
1,0	50,00	1,14	1,10	1,24	1,28	1,33	1,40
2,0	51,20	45,85	40,00	1,33	1,36	1,36	1,43
3,0	52,00	46,80	41,05	34,48	1,48	1,42	1,47
4,0	52,55	47,55	41,83	35,35	28,40	1,55	1,54
5,0	53,02	48,15	42,43	36,00	29,24	...	1,65
6,0	53,35	48,65	42,92	36,50	29,88	...	1,80
7,0	53,65	49,05	43,32	36,90	30,37	...	...
8,0	53,85	49,44	43,65	37,25	30,80	...	...
				CH_3Cl			
0,5	0,89	0,96	0,99	1,04	1,09	1,13	...
1,0	0,95	0,99	1,02	1,05	1,10	1,13	...
2,0	32,15	30,91	1,09	1,08	1,11	1,14	...
3,0	32,74	31,55	30,15	1,15	1,15	1,16	...
4,0	33,18	32,03	30,65	28,90	1,22	1,21	...
5,0	33,53	32,40	31,05	29,36	27,53	1,29	...
6,0	33,77	32,6	31,32	29,70	27,89	1,43	...
7,0	33,90	32,84	31,50	29,90	28,06	25,90	...

Chú thích: những đại lượng ở phía trên đường gấp khúc ứng với trạng thái khí, ở phía dưới đường gấp khúc ứng với trạng thái lỏng của các chất.



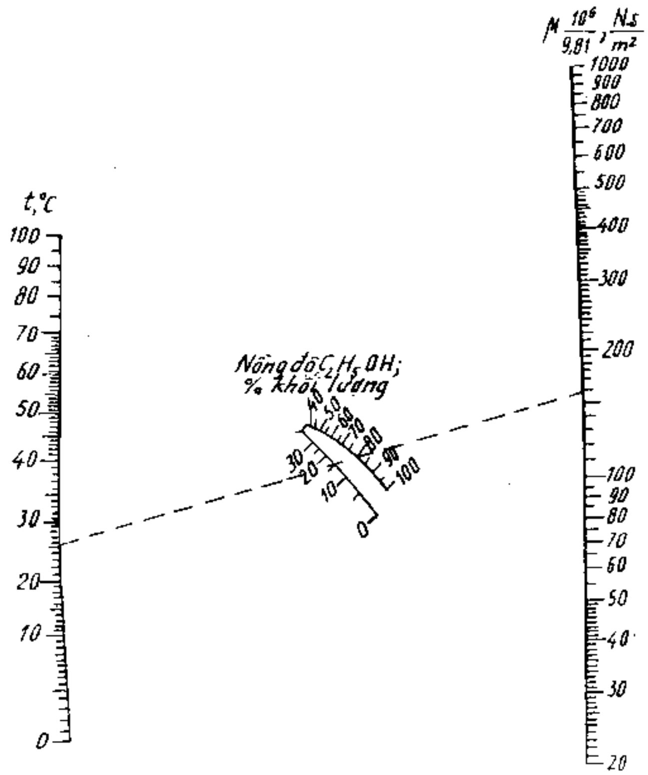
Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ dung dịch rượu đã cho, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.27. **Toán đồ để xác định độ nhớt của dung dịch rượu metylic trong nước [49.107]**

Bảng I.109. **Độ nhớt của hỗn hợp rượu etylic và nước ($\mu.10^3$, N.s/m^2) [39.422]**

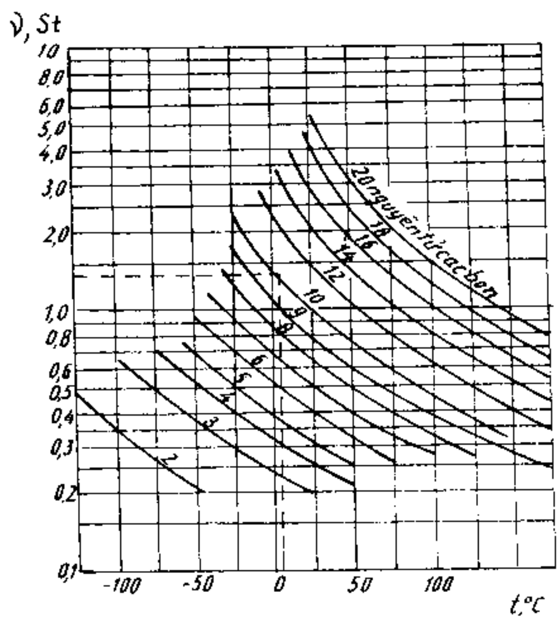
% khối lượng % thể tích	10 12,36	20 24,09	30 35,23	40 45,83	50 55,93	60 65,56	70 74,80	80 83,59	90 92,01	100 100
Nhiệt độ, °C										
0	3,311	5,319	6,94	7,14	6,58	5,75	4,762	3,69	2,732	1,773
5	2,577	4,065	5,29	5,59	5,26	4,63	3,906	3,125	2,309	1,623
10	2,179	3,165	4,05	4,39	4,18	3,77	3,268	2,710	2,101	1,466
15	1,792	2,618	3,26	3,53	3,44	3,14	2,77	2,309	1,802	1,332
20	1,538	2,183	2,71	2,91	2,87	2,67	2,37	2,008	1,610	1,200
25	1,323	1,815	2,18	2,35	2,4	2,24	2,037	1,748	1,424	1,096
30	1,16	1,553	1,87	2,02	2,02	1,93	1,767	1,531	1,279	1,003
35	1,006	1,332	1,58	1,72	1,72	1,66	1,529	1,355	1,147	0,914
40	0,907	1,160	1,368	1,482	1,499	1,447	1,344	1,203	1,035	0,834
45	0,812	1,015	1,189	1,289	1,294	1,271	1,189	1,081	0,939	0,764
50	0,734	0,907	1,05	1,132	1,155	1,127	1,062	0,968	0,848	0,702
55	0,663	0,814	0,929	0,998	1,02	0,997	0,943	0,867	0,764	0,644
60	9,609	0,736	0,834	0,893	0,913	0,902	0,856	0,789	0,704	0,592
65	0,554	0,666	0,752	0,802	0,812	0,806	0,766	0,711	0,641	0,551
70	0,514	0,608	0683	0,727	0,74	0,729	0,695	0,650	0,589	0,504
75	0,476	0,559	0,624	0,663	0,672	0,663	0,636	0,600	0,546	0,471
80	0,430	0,505	0,567	0,601	0,612	0,604				



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ rượu etylic đã cho, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt μ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.28. **Toán đồ để xác định độ nhớt của dung dịch rượu etylic trong nước [49.106]**



Cách dùng. Từ điểm ứng với nhiệt độ đã cho trên trục hoành, kẻ đường thẳng đứng đến đường cong ứng với số nguyên tử cacbon có trong hợp chất rồi dóng sang thang độ nhớt động ν sẽ xác định được giá trị của ν cần tìm.

Chuyển đổi đơn vị: $1m^2/s = 10^4St$ (đơn vị độ nhớt động).

Biểu đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.29. **Biểu đồ để xác định độ nhớt của các hidrocacbon no [49.94]**

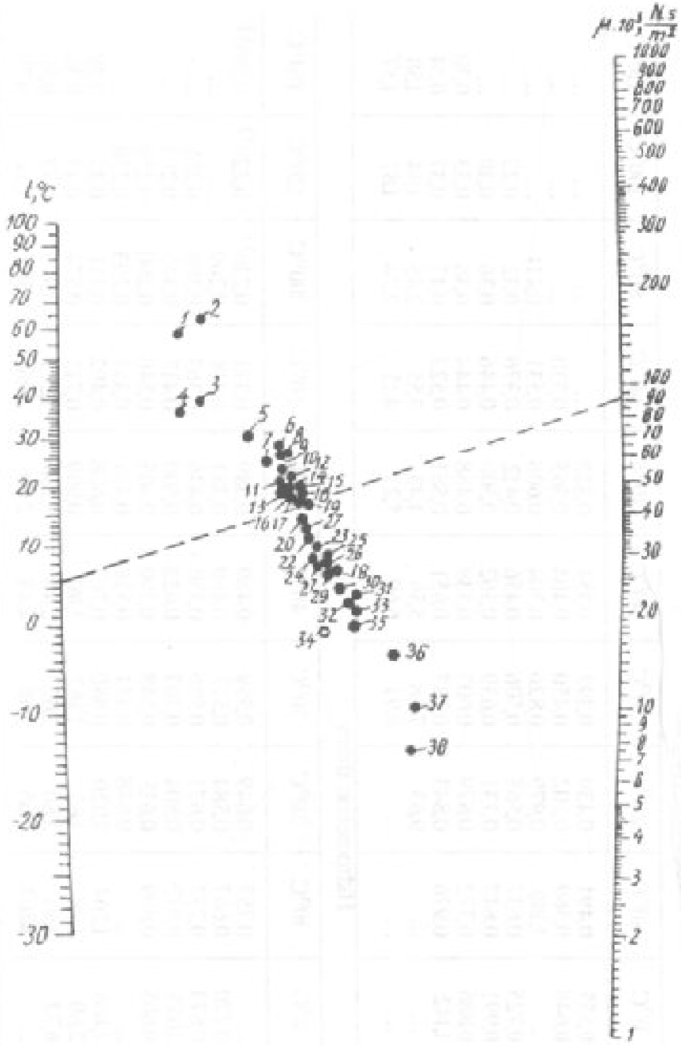
Bảng I.110. Độ nhớt của các chất hidrocacbon [37.988]

Công thức	Tên chất	Độ nhớt $\mu.10^3$,Ns/m^2 ở nhiệt độ											
		Hidrocacbon no											
		-90°C	-50°C	-20°C	0°C	10°C	20°	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C	150°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C_4H_{10}	Butan	0,63	0,355	0,252	0,207[1)]	0,191[1)]	0,174[1)]	0,146[1)]	...	...	...	...	...
C_4H_{10}	Izobutan	...	0,392	0,267	0,214[1)]	0,195[1)]	0,176[1)]	0,146[1)]	...	...	...	...	...
C_5H_{12}	Pentan	0,948	0,474	0,341	0,283	0,259	0,240	...	...	...	...	...	...
C_5H_{12}	Izopentan (2-metylbutan)	...	0,55	0,353	0,277	0,248	0,224	...	...	...	...	...	...
C_5H_{12}	Neopentan (2,2-dimetylpropan)	...	...	...	0,327	0,280[(1)]	...	...	...	...	...	...	...
C_6H_{14}	Hexan	1,88	0,742	0,479	0,381	0,343	0,307	0,253	0,222	...	...	...	...
C_6H_{14}	Izohexan (2-metylpentan)	...	...	...	0,370	0,331	0,298	0,246	0,206	...	...	...	...
C_7H_{16}	Heptan	3,85	1,18	0,689	0,526	0,466	0,417	0,339	0,283	0,241	0,209[(1)]	...	...
C_7H_{16}	Izoheptan (2-metylhexan)	...	...	...	0,476	0,424	0,379	0,309	0,257	0,216	...	...	...
C_8H_{18}	Octan	...	1,83	0,967	0,714	0,622	0,546	0,435	0,356	0,298	0,255	0,220	...
C_9H_{20}	Nonan	...	2,99	1,40	0,968	0,827	0,714	0,555	0,445	0,366	0,308	0,264	0,213
$C_{10}H_{22}$	Đecan	...	...	1,93	1,27	1,07	0,907	0,701	0,552	0,448	0,372	0,314	0,249
$C_{11}H_{24}$	Undecan	...	...	2,779	1,742	1,425	1,182	0,871	0,671	0,535	0,437	0,365	0,288
		0°C	10°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C	150°C	200°C	250°C	300°C
$C_{12}H_{26}$	Dodecan	2,264	1,827	1,492	1,064	0,803	0,632	0,510	0,429	0,334	0,231	...	...
$C_{13}H_{28}$	Tridecan	2,962	2,339	1,878	1,312	0,969	0,751	0,598	0,494	0,380	0,262	...	...
$C_{14}H_{30}$	Tetradecan	...	2,96	2,322	1,560	1,135	0,868	0,685	0,565	0,431	0,294	0,207	...
$C_{15}H_{32}$	Pentadecan	...	3,663	2,841	1,873	1,335	1,010	0,786	0,640	0,483	0,326	0,231	...
$C_{16}H_{34}$	Hexadecan	...	...	3,451	2,232	1,560	1,161	0,892	0,716	0,532	0,349	0,242	...
$C_{17}H_{36}$	Heptadecan	...	...	4,209	2,652	1,829	1,340	1,014	0,794	0,598	0,392	0,277	0,203
$C_{18}H_{38}$	Octadecan	...	...	...	3,060	2,060	1,484	0,952	...	...	...	...	...
$C_{19}H_{40}$	Nonadecan	...	...	...	3,588	2,379	1,693	1,269	0,989	0,719	0,468	0,327	0,24
$C_{20}H_{42}$	Ocozan	...	...	...	4,072	2,665	1,880	1,403	1,094	0,789	0,505	0,353	0,26

Tiếp bảng I.110

Công thức	Tên chất	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	115°C
		Hidrocacbon chưa no											
C_5H_8	Izopren	0,260	0,236	0,216	0,198								
C_6H_{12}	Hexen-1	0,33	0,29	0,26	0,24	0,22	0,20	0,19					
C_7H_{14}	Hepten-1	0,44	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	...	...
C_8H_{16}	Octen-1	0,613	0,533	0,470	0,425	0,383	0,347	0,317	0,292	0,271	0,251	0,235	0,22
C_9H_{18}	Nonen-1	0,839	0,715	0,620	0,552	0,492	0,441	0,399	0,364	0,336	0,307	0,285	0,26
$C_{10}H_{20}$	Dexen-1	1,130	0,945	0,803	0,700	0,613	0,547	0,488	0,442	0,399	0,371	0,342	0,30
$C_{15}H_{30}$	Pentadexen-1	4,161	3,210	2,520	2,052	1,694	1,432	1,224	1,064	0,937	0,826	0,735	0,62
$C_{20}H_{40}$	Piten	...		...	4,77	3,77	3,05	2,52	2,12	1,81	1,55	1,35	1,10
		Hidrocacbon vòng no											
		−20°C	−10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C	110°C
C_5H_{10}	Xiclopentan	0,72	0,631	0,555	0,491	0,439	0,393	0,354	0,323	...	...	...	...
C_6H_{12}	Metylxiclopentan	0,86	0,745	0,648	0,569	0,502	0,450	0,404	0,365	0,330	...	...	...
C_6H_{12}	Xiclohexan	...	...	...	1,180	0,979	0,826	0,704	0,608	0,531	0,411	...	...
C_7H_{14}	Etylxiclopentan	0,96	0,829	0,725	0,637	0,565	0,506	0,456	0,412	0,376	0,32	0,27	...
C_7H_{14}	Metylxiclohexan	1,41	1,175	0,991	0,847	0,731	0,639	0,562	0,500	0,446	0,36	0,30	...
C_8H_{16}	Propylxiclopentan,	1,24	1,049	0,886	0,772	0,679	0,603	0,538	0,488	0,444	0,38	0,33	0,30
C_8H_{16}	Etylxiclohexan	1,63	1,356	1,142	0,976	0,843	0,737	0,651	0,581	0,523	0,43	0,37	0,34
$C_{21}H_{42}$	Hexadexilxiclopentan	...	...	...	...	9,63	7,28	5,56	4,43	3,55	2,45	1,84	1,58
$C_{21}H_{42}$	Pentadixilxiclohexan	...	...	...	...	...	8,91	6,69	5,21	4,15	2,74	1,87	1,57
		Hidrocacbon thơm											
		−20°C	−10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C	150°C
C_6H_6	Benzen	...	...	...	0,755	0,649	0,559	0,489	0,389	0,318	0,216[1]	0,220[1]	0,169[1]
C_7H_8	Toluen	0,989	0,863	0,770	0,667	0,584	0,517	0,469	0,381	0,318	0,269	...	...
C_8H_{10}	Etylbenzen	1,170	1,021	0,873	0,757	0,671	0,596	0,530	0,436	0,363	0,308	0,265	...
C_8H_{10}	*o*-Xilen	1,447	1,232	1,055	0,917	0,804	0,707	0,623	0,500	0,417	0,345	0,294	...
C_8H_{10}	*m*-Xilen	...	...	0,805	0,699	0,615	0,548	0,490	0,405	0,340	0,290	0,250	...
C_8H_{10}	*p*-Xilen	...	...	...	...	0,648	0,571	0,514	0,416	0,354	0,293	0,250	...
$C_{10}H_{14}$	Butylbenzen	2,23	1,790	1,466	1,204	1,020	0,880	0,767	0,608	0,492	0,411	0,35	0,28
$C_{12}H_{18}$	Hexilbenzen	5,17	3,66	2,60	1,98	1,63	1,362	1,162	0,909	0,712	0,574	0,47	0,36
$C_{16}H_{26}$	Dexilbenzen	16,0	9,81	6,72	4,94	3,80	3,02	2,46	1,730	1,275	0,977	0,77	0,56
$C_{20}H_{34}$	Tetradexilbenzen	...	...	...	10,63	7,65	5,66	4,43	2,90	2,06	1,507	1,14	0,79

Chú thích: 1) Áp suất hơi bão hòa cao hơn điểm sôi bình thường.

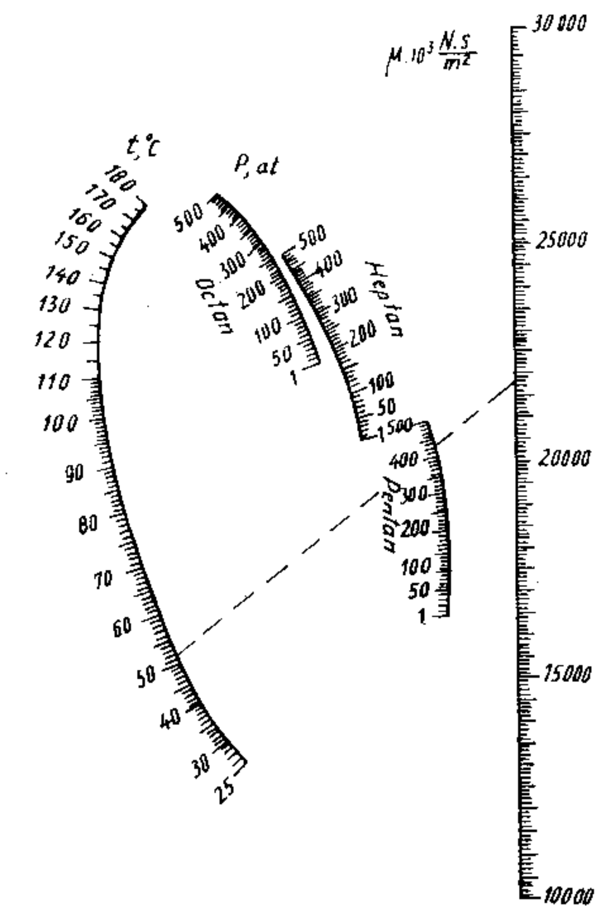


Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ đã cho và số ký hiệu của chất hóa dẻo (xem bảng dưới đây), kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt μ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị μ cần tìm.

Hình I.30. **Toán đồ để xác định độ nhớt của các chất hóa dẻo [49.97]**

Tên chất dẻo	Số ký hiệu của chất hóa dẻo	Giới hạn nhiệt độ, °C
Amylaxetoaxetat	38	5 – 70
Benzylnaftalen	4	10 – 40
Benzylaxetoaxetat	35	0 – 90
1,3- Butandioladicaproat	36	– 30 ÷ 80
1,3- Butandiol	5	10 – 100
1,4- Butandiol	34	0-80
Butylbenzylftalat	20	– 20 ÷ 100
Butylstearat	33	10 – 100
Clobutylcacbonat	8	10 – 80
Điamylftalat	17	0 – 100
Đi(-butyletilenglicol)ftalat	15	0 – 100
Đibutylftalat	23	– 30 ÷ 100
Đietilenglicol	13	10 – 100
Đietilenglicolaxetoaxetat	27	10 – 90
Đi (2- etylbutyl)ftalat	11	– 10 ÷ 100
Đietylftalat	29	0 – 100

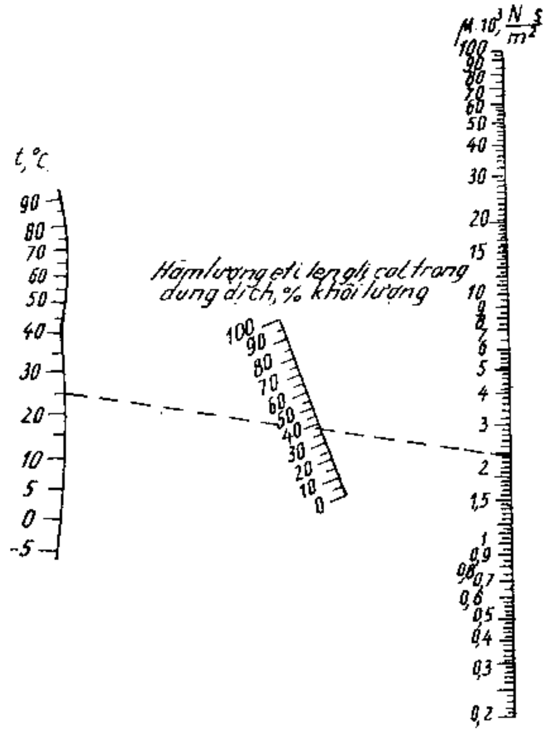
Tên chất dẻo	Số ký hiệu của chất hóa dẻo	Giới hạn nhiệt độ, °C
Đi (2- etylhexyl)adipat	28	0–80
Đi (2- etylhexyl) ftalat	7	– 10÷100
Đihexylxebaxiat	25	0–40
Đicaprylftalat	10	10–40
Đi(metyletilenglicol)ftalat	21	10–100
Đimetylftalat	24	– 10÷100
Đi(metylxiclohexyl)adipat	14	0–100
Đioctylftalat	9	– 10÷100
Etilenglicol	22	10–100
Hexantriol	1	40–100
Metylxiclohexylpanmitat	32	0–100
Platinol HS	6	–5÷100
Tetrahiđrofufuryloleat	18	0–100
Tributylphotphat	37	–20÷50
Tricloetylphotphat	19	–20÷100
Tricrexylphotphat	12	20–100
Trietilenglicol	16	10–100
Trietilenglicolđicaproat	31	–30÷80
Tri (2- etylhexyl)photphat	26	0–90
Trihexylphotphat	30	–30÷100
Urezin B	2	35–100
Xintol T	3	20–100



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và áp suất của chất đã cho, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt μ. Giao điểm nhận được cho giá trị của μ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.31. **Toán đồ để xác định độ nhớt của pentan, heptan và octan lỏng [49.99]**



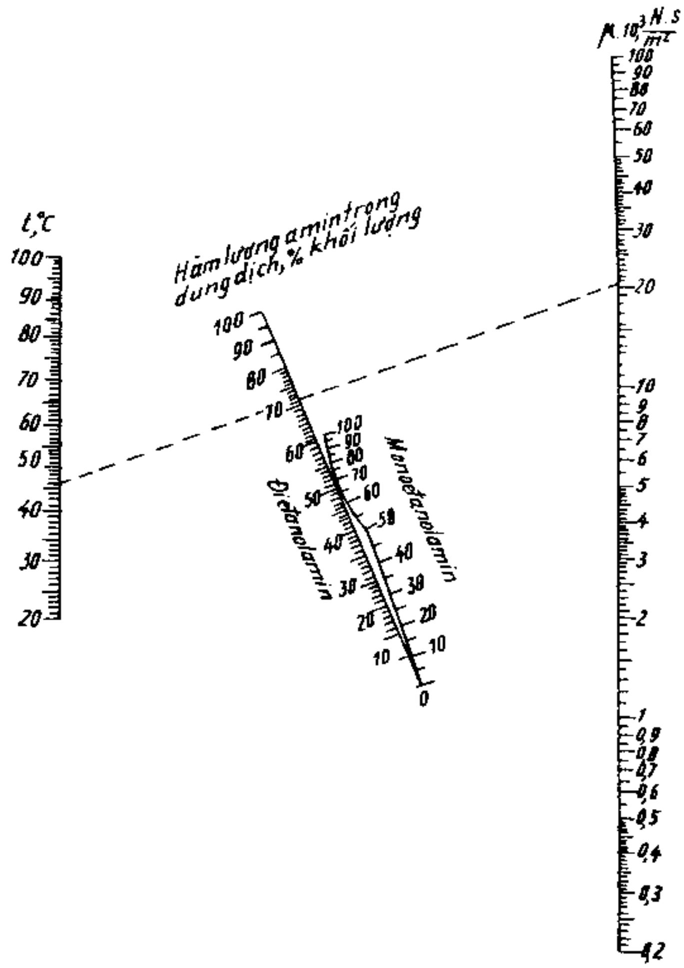
Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ dung dịch, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt μ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của μ cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.32. **Toán đồ để xác định độ nhớt của dung dịch etilenglicol trong nước [49.105]**

Bảng I.111. **Độ nhớt của hỗn hợp glixerin và nước [3.114]**

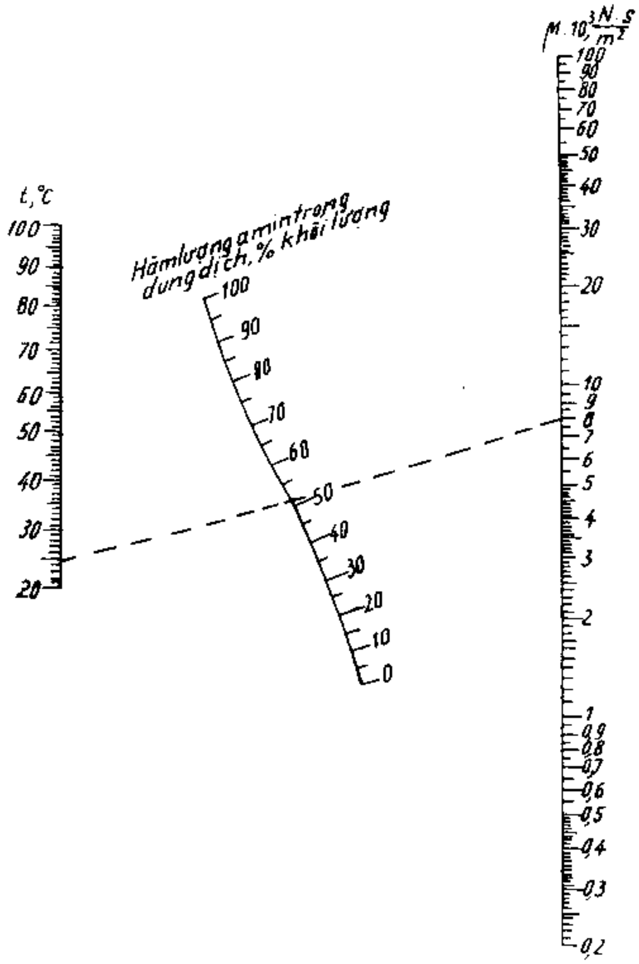
Khối lượng riêng ở 25°C ρ kg/m³	Nồng độ glixerin, % khối lượng	Độ nhớt μ. 10^3 Ns/m² ở nhiệt độ		
		20°C	25°C	30°C
997,047	0,0	1,005	0,893	0,800
1008,862	5,0	1,143	1,010	0,900
1020,667	10,0	1,311	1,153	1,024
1032,991	15,0	1,517	1,331	1,174
1045,304	20,0	1,769	1,542	1,360
1058,016	25,0	2,095	1,810	1,590
1070,779	30,0	2,501	2,157	1,876
1083,939	35,0	3,040	2,600	2,249
1097,151	40,0	3,750	3,181	2,731
1100,511	45,0	4,715	3,967	3,380
1123,871	50,0	6,050	5,041	4,247
1137,531	55,0	7,997	6,582	5,494
1151,190	60,0	10,96	8,823	7,312
1164,899	65,0	15,54	12,36	10,02
1178,609	70,0	22,94	17,96	14,32
1192,119	75,0	36,46	27,73	21,68
1205,679	80,0	62,0	45,86	34,92
1218,939	85,0	112,9	81,5	60,05
1232,201	90,0	234,6	163,6	115,3
1245,411	95,0	545	366	248,8
1258,283	100,0	1499	945	624



Hình I.33. **Toán đồ để xác định độ nhớt của dung dịch mono - và dietanolamin trong nước [49.103]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ và hàm lượng của amin trong dung dịch, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt μ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của μ cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và hàm lượng của amin trong dung dịch, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt μ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của μ cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.34. **Toán đồ để xác định độ nhớt của dung dịch trietanolamin trong nước [49.104]**

Bảng I.112. **Độ nhớt của dung dịch đường mía trong nước [39.423]**

Nhiệt độ t, °C	Độ nhớt $\mu.10^3 Ns/m^2$ khi nồng độ			Nhiệt độ t, °C	Độ nhớt $\mu.10^3 Ns/m^2$ khi nồng độ		
	20% khối lượng	40% khối lượng	60% khối lượng		20% khối lượng	40% khối lượng	60% khối lượng
0	3,804	14,77	238	55	0,884	2,219	11,67
5	3,154	11,56	156	60	0,808	1,982	9,83
10	2,652	9,794	109,8	65	0,742	1,778	8,34
15	2,267	7,468	74,6	70	0,685	1,608	7,15
20	1,960	6,200	56,5	75	0,635	1,462	6,20
25	1,704	5,187	43,86	80	0,590	1,334	5,40
30	1,504	4,382	33,78	85	0,550	1,221	4,73
35	1,331	3,762	26,52	90	–	1,123	4,15
40	1,193	3,249	21,28	95	–	1,037	3,72
45	1,070	2,837	17,18	100	–	0,960	3,34
50	0,970	2,497	14,01				

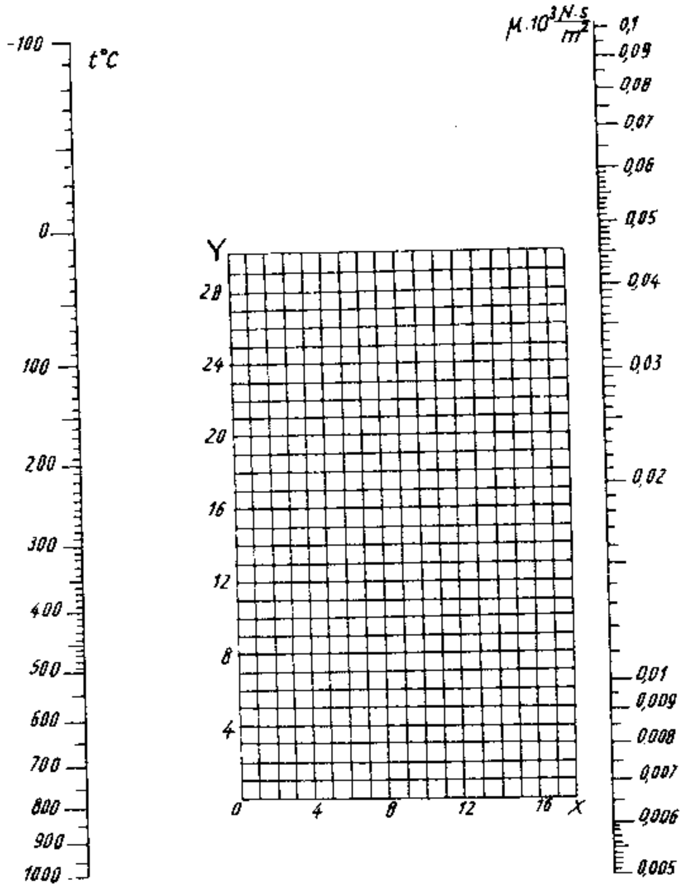
Bảng I.113. **Độ nhớt của các chất khí và hơi ở áp suất 1 at và giá trị của hằng số C (xem công thức I.20)**

Tên các chất	Công thức	Độ nhớt $\mu.10^7 N s/m^2$ khi nhiệt độ t, ^oC											C	Giới hạn nhiệt độ của hằng số C, ^oC
		0	20	50	100	150	200	250	300	400	600	800		
		Đơn chất và các hợp chất vô cơ												
Agon	Ar	210	221	241	69	296	321	344	368	411	487	554	142	20–827
Amoniac	NH_3	93	100	111	128	146	165	181	–	–	–	–	503	20–300
Brom	Br_2	146	158	–	194	219	244	269	294	342	–	–	533	> 187
Cacbon đioxit	CO_2	137	146	160	183	204	225	245	265	299	360	414	254 3)	25–280
Cacbon đisunfua	CS_2	(89)	–	–	125	142	160	177	194	–	–	–	499,5	114–310
Cacbon oxit	CO	166	175	188	208	228	246	263	–	–	–	–	101,1	70–277
Clo	Cl_2	123	133	147	168	189	209	229	249	287	–	–	351	20–500
Đihiđro sunfua	H_2S	116	130	–	161	–	–	–	–	–	–	–	331	–
Đinitơ oxit	N_2O	137	146	160	183	204	225	245	265	303	–	–	260	25–200
Đixianogen	$(CN)_2$	94	107	–	128	–	–	–	–	–	–	–	330	–
Heli	He	188	(196)	208	229	249	269	288	307	342	407	466	83 2)	100–200
Hiđro	H_2	85	88	94	103	113	121	130	138	154	183	210	73 1)	20–100
Hiđro bromua	HBr	171	–	–	237	–	–	–	–	–	–	–	375	0–100
Hiđro clorua	HCl	133	143	158	183	208	230	253	–	–	–	–	360	0–250
Hiđro iođua	HI	173	186	202	232	263	292	319	–	–	–	–	390	0–100
Hiđro photphua	PH_3	107	–	–	145	–	–	–	–	–	–	–	290	–
Iot	I_2	123	–	–	175	198	220	242	264	308	–	–	568	106–523
Kripton	Kr	233	246	–	306	–	–	–	–	–	–	–	210,4	0–100
Lưu huỳnh đioxit	SO_2	116	125	140	163	186	207	227	246	282	346	404	306	300–825
Neon	Ne	298	311	–	365	–	425	453	478	531	625	710	61	10–100
Nitơ	N_2	165	175	188	208	228	246	263	280	311	366	413	104	25–280
Nitơ oxit	NO	179	188	204	227	247	268	287	–	–	–	–	128	20–250
Oxi	O_2	192	202	218	244	267	290	310	330	369	435	493	125	15–830
Xenon	Xe	211	226	247	282	317	349	379	–	–	–	–	290	0–100

Chú thích: Những số có gạch chân là kết quả của phương pháp ngoại suy; 1) C = 86 trong phạm vi 100–200^oC; C = 105 trong phạm vi 200–250^oC; C = 234 trong phạm vị 713–822^oC; 2) C = 95 trong phạm vi 200-250^oC; C = 173 trong phạm vi 682–815^oC; 3) C = 213 trong phạm vi 300–824^oC.

Tiếp bảng I.113

Tên các chất	Công thức	Độ nhớt $\mu.10^7$ Ns/m^2 khi nhiệt độ t, °C									C	Giới hạn nhiệt độ của C, °C
		0	20	50	100	120	150	200	250	300		
		Các hợp chất hữu cơ										
Axetilen	C_2H_2	94	102	111	125	132	–	–	–	–	198,2	20–120
Axeton	$(CH_3)_2CO$	(66)	–	–	93	99	108	121	134	147	541,5	119–306
Benzen	C_6H_6	70	75	83	95	100	107	119	131	–	380	15–250
Butan	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	69	73,9	82	95	100	–	–	–	–	377,4	20–120
Cacbon tetraclorua	CCl_4	90	–	108	120	–	137	152	170	–	335	50–250
Clorofom	$CHCl_3$	95	100	110	125	132	142	158	175	191	462	14–345
Etan	C_2H_6	86	91	100	114	119	128	141	153	–	252	20–250
Ete dietyl	$(C_2H_5)_2O$	68	–	–	95	–	106	118	130	141	404	122–309
Ete dimetyl	$(CH_3)_2O$	85	91	101	117	123	–	–	–	–	344,9	20–120
Etilen	$CH_2=CH_2$	94	101	110	126	132	140	154	167	–	255	20–250
Etylclorua	C_2H_5Cl	94	105	–	–	–	–	–	–	–	411	–
Hexan	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	59	–	–	–	87	93	104	115	125	436,1	121–307
Izobutan	$(CH_3)_3CH$	69	74	82	95	100	–	–	–	–	335,5	20–120
Metan	CH_4	104	109	118	133	139	147	160	173	185	162	20–500
Metilen clorua	CH_2Cl_2	91	99	109	127	–	144	160	176	192	425	22–309
Metylbromua	CH_3Br	104	133	146	–	108	–	–	–	–	379,2	20–120
Metyl clorua	CH_3Cl	98	103	115	134	141	152	170	187	204	441	20–300
Pentan	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	62	66	–	85	91	98	109	119	130	383	122–306
Propan	$CH_3CH_2CH_3$	75	80	90	103	108	113	125	136	(147)	278	20–250
Propilen	$CH_2=CHCH_3$	78	81	93	107	112	121	134	146	–	362	–
Rượu etylic	C_2H_5OH	–	–	–	109	114	123	137	151	165	407,3	130–309
Rượu izopropylic	$(CH_3)_2CHOH$	70	–	–	–	103	111	125	138	150	460	119–308
Rượu metylic	CH_3OH	87	–	–	–	129	139	156	173	188	486,9	111–312
Rượu propylic	$C_2H_5CH_2OH$	68				102	110	124	138	–	315,6	122–273



Cách dùng. Qua điểm ứng với giá trị của nhiệt độ đã cho và xác định bởi tọa độ X, Y đối với chất khí (xem bảng dưới đây), kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang độ nhớt μ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của μ cần tìm.

Hình 1.35. **Toán đồ để xác định độ nhớt của các chất khí ở áp suất khí quyển [30.106]**

Khí	X	Y	Khí	X	Y
Agon	10,5	22,4	Hiđro	11,2	12,4
Amoniac	8,4	16,0	Hiđro bromua	8,8	20,9
Axetilen	9,8	14,9	Hiđro clorua	8,8	18,7
Axeton	8,9	13,0	Hiđro iođua	9,0	21,3
Axit axetic	7,7	14,3	Hiđro sunfua	8,6	18,0
Benzen	8,5	13,2	Hiđro xianua	9,8	14,9
Brom	8,9	19,2	Hơi nước	8,0	16,0
Butan	9,2	13,7	Hỗn hợp hiđro + nitơ ($3H_2 + N_2$)	11,2	17,2
Butilen	8,9	13,0	Iot	9,0	18,4
Cacbon đioxit	9,5	18,7	Không khí	11,0	20,0
Cacbon đisunfua	8,0	16,0	Lưu huỳnh đioxit	9,6	17,0
Cacbon oxit	11,0	20,0	Metan	9,9	15,5
Clo	9,0	18,4	Nitơ	10,6	20,0
Clorofom	8,9	15,7	Nitơ oxit	10,9	20,5
Đinitơ oxit	8,8	19,0	Nitrozil clorua	8,0	17,6
Đixianogen	9,2	15,2	Oxi	11,0	21,3
Etan	9,1	14,5	Pentan	7,0	12,8
Ete etyl	8,9	13,0	Propan	9,7	12,9
Etilen	9,5	15,1	Propilen	9,0	13,0
Etyl axetat	8,5	13,2	Rượu etylic	9,2	14,2
Etyl clorua	8,5	15,6	Rượu metylic	8,5	15,6
Flo	7,3	23,8	Rượu propylic	8,4	13,4
Freon-11	10,6	15,1	Thủy ngân	5,3	22,9
Freon-12	11,1	16,0	Toluen	8,6	12,4
Freon-21	10,8	15,3	1, 2, 3-Trimetylbutan	9,5	10,5
Freon-22	10,1	17,0	Xenon	9,3	23,0
Freon 113	11,3	14,0	Xiclohexan	9,2	12,0
Heli	10,9	20,5			
Hexan	8,6	11,8			

Bảng I.114. **Độ nhớt của không khí phụ thuộc nhiệt độ và áp suất.** ($\mu.10^8$, **N.s/m²**) **[21.344]**

Áp suất p, at	Nhiệt độ t, °C					
	0	16	25	50	90	100
1	1720	1795	1837	1955	2135	2180
20	1753	1825	1865	1980	2170	2202
50	1815	1885	1922	2032	2200	2240
100	1970	2025	2060	2150	2298	2335
150	2165	2195	2215	2280	2390	2420
200	2370	2385	2395	2435	2510	2530
250	2605	2590	2590	2600	2640	2650
300	2860	2815	2800	2780	2800	2810

Bảng I.115. **Độ nhớt của khí nitơ phụ thuộc nhiệt độ và áp suất.** ($\mu.10^8$, **N.s/m²**) **[21.343]**

Áp suất p, at	Nhiệt độ t, °C							
	0	25	50	75	100	150	200	250
1	1665	1765	1880	1985	2090	2280	2460	2635
20	1695	1800	1905	2010	2115	2300	2480	2650
50	1755	1860	1955	2050	2155	2335	2505	2670
100	1900	1990	2055	2145	2230	2395	2565	2720
150	2085	2140	2175	2245	2325	2470	2625	2775
200	2310	2305	2315	2360	2430	2560	2965	2825
300	2755	2680	2640	2655	2685	2750	2845	2940
400	3185	3075	2995	2965	2960	2960	3000	–
500	3625	3460	3335	3270	3235	3175	3155	–
600	4050	3850	3670	3570	3505	3385	3310	–
700	–	4225	3995	3865	3775	3590	3460	–
800	–	4580	4325	4165	4030	3790	3610	–

Bảng I.116. **Độ nhớt của oxi phụ thuộc nhiệt độ và áp suất.** ($\mu.10^8$, **N.s/m²**) **[21.344]**

Áp suất p, at	Nhiệt độ, t °C			Áp suất p, at	Nhiệt độ, t °C		
	16	50	100		16	50	100
1	1998	2180	2435	300	3220	–	–
20	2024	2210	2460	400	3770	–	–
50	2094	2270	2505	500	4330	–	–
100	2250	2395	2605	600	4860	–	–
150	2450	2555	2725	700	5390	–	–
200	2690	–	–				

Bảng I.117. **Độ nhớt của hiđro phụ thuộc nhiệt độ và áp suất.** ($\mu.10^8$, N.s/m^2) [21.314]

Áp suất p, at	Nhiệt độ t, °C						
	15	25	50	100	150	200	250
1	866	866	934,5	1030	1125	1210	1295
50	875	895	943	1040	1130	1215	1300
100	885	905	952	1050	1140	1220	1305
200	910	931	977	1070	1155	1235	1315
300	943	960	1005	1090	1175	1250	1330
400	975	994	1065	1115	1195	1265	1340
500	1010	1030	–	1140	1215	1283	1355
600	1050	–	–	1165	1235	1300	1370
800	1120	–	–	1220	1280	1335	1400

Bảng I.118 **Độ nhớt của một số chất khí ở nhiệt độ thấp** ($\mu.10^7$, N.s/m^2) [37.1001]

T, °K	CO	He	Ne	Ar
80,0	53,3	82,0	119,8	68,8
100,0	66,8	94,7	143,4	83,9
120,0	79,6	106,8	164,6	99,2
140,0	91,9	118,1	184,0	114,6
160,0	103,8	129,0	202,5	129,7
180,0	115,4	139,5	220,4	144,7
200,0	126,8	149,6	237,5	159,4
220,0	137,8	159,4	254,3	173,8
240,0	148,6	169,1	270,8	187,8
260,0	158,9	178,8	286,6	201,4
273,1	165,5	185,3	296,7	210,0
280,0	168,8	188,7	302,0	214,5
300,0	178,4	198,7	317,2	226,9

Bảng I.119. **Độ nhớt của khí CO_2 phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất. ($\mu.10^7$, $N.s/m^2$) theo phương trình $\mu_p = \mu_{t1} + 5,25.10^{-3}.\rho^{1.7}$ khi $\rho \le 630$ kg/m^3) [25.348]**

Áp suất p, at	Nhiệt độ t, °C																
	0	10	20	30	40	50	60	80	100	125	150	175	200	300	400	500	600
1	140	144	148	152	157	161	165	174	183	194	204	214	224	264	302	339	376
20	143	147	151	155	159	163	167	176	185	192	200	208	225	265	303	339	376
40	-	157	159	162	166	169	173	180	188	196	203	211	227	266	304	340	377
60	-	-	-	185	183	182	184	189	196	202	208	214	231	269	305	342	378
80	-	-	-	-	242	212	205	203	206	210	215	220	236	272	308	343	380
100	-	-	-	-	451	297	245	223	220	220	223	228	242	276	310	345	381
120	-	-	-	-	-	421	286	247	241	234	234	236	249	280	314	348	383
140	-	-	-	-	-	-	366	299	268	250	246	244	257	285	317	351	385
160	-	-	-	-	-	-	444	349	298	271	276	258	267	290	320	353	388
180	-	-	-	-	-	-	-	386	332	292	277	270	276	296	324	356	390
200	-	-	-	-	-	-	-	440	368	318	295	284	288	302	329	359	392
250	-	-	-	-	-	-	-	-	446	381	344	324	319	320	341	368	399
300	-	-	-	-	-	-	-	-	529	438	393	362	352	339	354	379	407

Bảng I.120. **Độ nhớt của khí CO phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất.** ($\mu.10^8$, $N.s/m^2$) [21.345]

Áp suất p, at	Nhiệt độ t, °C						
	0	25	50	100	150	200	250
1	1660	1765	1870	2075	2270	2450	2625
20	1690	1795	1900	2105	2290	2470	2645
50	1750	1860	1945	2145	2320	2500	2670
100	1895	1990	2050	2225	2385	2560	2715
150	2080	2140	2175	2320	2465	2620	2765
200	2300	2305	2315	2430	2550	2690	2815
300	2740	2680	2640	2680	2750	2840	2925
400	3175	3065	2985	2950	2955	2995	3035
500	3600	3450	3330	3225	3165	3150	3160
600	4015	3825	3660	3480	3375	3340	–
800	4825	4550	4300	4010	3770	3690	–

Bảng I.121. **Độ nhớt của hơi nước phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất.** ($\mu.10^7$, $N.s/m^2$) [37.1001]

Nhiệt độ t, °C	Áp suất p, at								
	Hơi bão hòa	1	20	40	60	80	100	150	200
100	124	124							
120	133	132							
140	142	140							
160	152	148							
180	163	155							
200	175	163							
220	188	171	184						
240	201	179	190						
260	217	186	196	211					
280	235	194	203	217	232				
300	257	202	210	223	236	250			
320	282	209	217	230	242	255	268		
340	318	217	225	236	248	261	272	318	
360	365	225	232	243	254	266	278	308	
380	...	232	240	250	261	272	283	311	361
400	...	240	247	257	268	279	289	316	354
420	...	247	254	264	275	284	295	322	354
440	...	254	262	271	282	291	302	329	358
460	...	262	269	279	288	298	308	335	363
480	...	269	277	285	294	304	315	342	370
500	...	277	284	292	301	311	322	349	380
t_s	...	124	182	209	231	249	267	318	379

§3. Hệ số dẫn nhiệt

1. Hệ số dẫn nhiệt (thường ký hiệu là λ) là một đại lượng đặc trưng cho một chất liệu ở một trạng thái vật lý nào đó về khả năng dẫn nhiệt của nó. Hệ số dẫn nhiệt chỉ rõ lượng nhiệt được truyền bằng phương thức dẫn nhiệt qua một đơn vị bề mặt trao đổi nhiệt trong một đơn vị thời gian khi gradiên nhiệt độ bằng một đơn vị nghĩa là khi nhiệt độ giảm một độ trên một đơn vị dài của chất liệu theo phương của dòng nhiệt.

$$\lambda = k \frac{|q|}{|\text{grad } t|} \quad ; \qquad \text{(I.25)}$$

trong đó k - hệ số tỉ lệ, phụ thuộc vào đơn vị được dùng; q - mật độ mặt thông lượng nhiệt tức là lượng nhiệt truyền qua 1 đơn vị bề mặt trong một đơn vị thời gian; grad t - gradiên nhiệt độ.

a) Đơn vị nhất quán được xác định từ phương trình (I.25) với $k = 1$; $q = 1$ W/m^2, grad $t = 1$ độ/m, khi đó ta có:

$$\lambda = \frac{1\text{W/m}^2}{1 \text{ độ/m}} = 1\frac{\text{W}}{\text{m.độ}} \; ; \qquad \text{(I.26)}$$

Ta gọi đơn vị chính hợp pháp này là oát trên mét độ, ký hiệu là W/m.độ. Vậy: "Oát trên mét độ là hệ số dẫn nhiệt của một chất trong đó khi gradiên nhiệt độ là 1 độ trên mét thì có thông lượng nhiệt 1 oát truyền qua mỗi mét vuông của mặt vuông góc với phương truyền nhiệt".

Thứ nguyên của hệ số dẫn nhiệt:

$$[\lambda] = \frac{[q]}{[\text{grad } t]} = \frac{L^{o}MT^{-3}}{L^{-1}\theta} = LMT^{-3}\theta^{-1}$$

của oát trên mét độ: [W/m độ] = mkg s^{-3} độ$^{-1}$. Ở đây θ- thứ nguyên của nhiệt độ.

b) Đơn vị phụ: cho phép tạm thời dùng kilôcalo trên mét giờ độ (ký hiệu là kcal/m.h.đô) là đơn vị của hệ kỹ thuật cũ.

c) Quan hệ giữa đơn vị của hai hệ trên là:

$$1\frac{\text{kcal}}{\text{m.h.độ}} = 1{,}163 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m.độ}}$$

Hệ số dẫn nhiệt λ nói chung không phải là một hằng số đối với một vật liệu: với chất rắn nó phụ thuộc vào nhiệt độ, với chất lỏng và khí nó còn phụ thuộc vào áp suất.

Hệ số dẫn nhiệt của các chất được xác định bằng thực nghiệm và cho trong các bảng tra hay đồ thị dưới đây. Khi không có số liệu thực nghiệm cũng có thể tính theo công thức gần đúng.

2. Hệ số dẫn nhiệt của kim loại nguyên chất hay các hợp kim có thể xác định theo phương trình sau đây với sai số 5-10%

$$\lambda = 2{,}61.10^{-6}\frac{T}{\rho_d} - \frac{2.10^{-15}(T/\rho_d)^2}{C_p\rho} + \frac{9{,}7.10^3 C_p\rho^2}{M.T} \; , \; \frac{\text{W}}{\text{m.độ}} \; ; \qquad \text{(I.27)}$$

trong đó T - nhiệt độ tuyệt đối, °K; ρ_d - suất điện trở, Ω.cm; C_p - nhiệt dung riêng, kJ/kg.độ; ρ - khối lượng riêng, kg/dm^3; M - khối lượng mol, kg/kmol.

3. Hệ số dẫn nhiệt của gỗ có hàm ẩm $x \le 40\%$ khối lượng, ở nhiệt độ thường trong phòng bằng [30.21]:

$$\lambda = 1{,}73^{-3}\rho(0{,}1159 + 0{,}00233x) + 0{,}0236, \quad \frac{W}{m.độ} \quad ; \qquad (I.28)$$

Khi hàm ẩm $x \ge 40\%$ khối lượng thì:

$$\lambda = 1{,}73.10^{-3}\rho(0{,}1159 + 0{,}00316x) + 0{,}0236. \frac{W}{m.độ} \quad ; \qquad (I.29)$$

Chú ý: Hệ số dẫn nhiệt của vật thể rắn có cấu trúc dạng thớ (như thạch anh...) phụ thuộc vào hướng của dòng nhiệt. Hệ số dẫn nhiệt dọc theo thớ sẽ lớn gấp 2 - 4 lần khi dẫn nhiệt theo hướng ngang qua thớ [30.22].

4. Hệ số dẫn nhiệt của môi trường xốp (hỗn hợp rắn - lỏng; rắn - khí) có thể tính theo phương trình Racxen sau đây:

$$\frac{\lambda_{hh}}{\lambda_{lt}} = \frac{\nu\Phi^{2/3} + 1 - \Phi^{2/3}}{\nu(\Phi^{2/3} - \Phi) + 1 - \Phi^{2/3} + \Phi} \quad ; \qquad (I.30)$$

trong đó λ_{hh} và λ_{lt} - hệ số dẫn nhiệt của hỗn hợp và của pha liên tục;

$$\nu = \frac{\lambda_{vx}}{\lambda_{lt}} \quad ;$$

λ_{vx} - hệ số dẫn nhiệt của vật thể xốp; Φ - độ xốp của vật thể tính bằng phần thể tích rỗng/thể tích hỗn hợp, đối với hỗn hợp rắn - khí đại lượng Φ có thể xác định theo tỉ số:

$$\Phi = \frac{\rho_r - \rho_{hh}}{\rho_r - \rho_k} \quad ;$$

trong đó ρ_{hh}, ρ_r, ρ_k - khối lượng riêng của hỗn hợp, của vật rắn và của khí, kg/m^3;

Khi ν tương đối lớn thì phương trình (I.30) có thể đưa về dạng sau:

$$\frac{\lambda_{hh}}{\lambda_{lt}} = \frac{1}{1 - \Phi^{1/3}} . \qquad (I.31)$$

Phương trình (I.30) có thể áp dụng trong một phạm vi thay đổi độ xốp rộng ($0 < \Phi < 1$) nhưng chỉ đúng với các hệ mà hạt có kích thước gần bằng nhau.

5. Hệ số dẫn nhiệt của chất lỏng. Có thể tính theo công thức sau [28.175]:

$$\lambda = AC_p\rho\sqrt[3]{\frac{\rho}{M}}, \quad \frac{W}{m.độ} \quad ; \qquad (I.32)$$

trong đó C_p - nhiệt dung riêng đẳng áp của chất lỏng, J/kg.độ; ρ - khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m^3; M - khối lượng mol - tỉ lệ giữa khối lượng một phân tử chất đã cho và 1/16 khối lượng nguyên tử oxi; A - hệ số phụ thuộc mức độ liên kết của chất lỏng: đối với chất lỏng không liên kết (benzen, toluen) $A = 4{,}22.10^{-8}$; đối với chất lỏng liên kết (nước, rượu) $A = 3{,}58.10^{-8}$.

6. Hệ số dẫn nhiệt của hỗn hợp có thể tính theo công thức (I.32), trong đó C_p, ρ, M là của hỗn hợp.

7. Đối với hỗn hợp lỏng không có cực gồm hai cấu tử thì hệ số dẫn nhiệt có thể xác

định theo phương trình của Philipov và Novoxelov như sau: [30-23]

$$\lambda_{hh} = \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 - 0,72 x_1 x_2(\lambda_2 - \lambda_1) \qquad (I.33)$$

trong đó λ_1, λ_2 - hệ số dẫn nhiệt của cấu tử 1 và 2, $\lambda_2 > \lambda_1$; $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$ - nồng độ theo khối lượng của các cấu tử trong hỗn hợp.

Hệ số dẫn nhiệt của chất lỏng phụ thuộc rất ít vào áp suất, khi áp suất tăng lên 2000 at thì hệ số dẫn nhiệt tăng lên khoảng 10 - 15%.

8. Hệ số dẫn nhiệt của huyền phù (hệ lỏng - rắn) có thể xác định theo công thức sau đây của Tareeva [30.23]:

$$\lambda_{hp} = \lambda_{lt} \frac{2\lambda_{lt} + \lambda_p - 2\varphi(\lambda_{lt} - \lambda_p)}{2\lambda_{lt} + \lambda_p + \varphi(\lambda_{lt} - \lambda_p)} \quad ; \qquad (I.34)$$

trong đó λ_{hp} - hệ số dẫn nhiệt của huyền phù; λ_{lt}, λ_p - hệ số dẫn nhiệt của pha liên tục và pha phân tán; φ - phần thể tích của pha phân tán trong huyền phù. Phương trình (I.34) này cũng có thể sử dụng đối với nhũ tương (hệ lỏng - lỏng).

9. Hệ số dẫn nhiệt của chất khí. Có thể tính theo công thức sau đây (ở điều kiện áp suất bình thường):

$$\lambda = BC_v.\mu, \text{ W/m.độ}; \qquad (I.35)$$

trong đó C_v - nhiệt dung riêng đẳng tích của khí, J/kg.độ; μ - hệ số độ nhớt động lực của khí, N.s/m^2; $B = (9k - 5)/4$; $k = C_p/C_v$ = chỉ số đoạn nhiệt.

Giá trị B phụ thuộc vào số nguyên tử của khí:

đối với khí một nguyên tử $B = 2,5$
đối với khí hai nguyên tử $B = 1,9$
đối với khí ba nguyên tử $B = 1,72$

10. Hệ số dẫn nhiệt của chất khí phụ thuộc vào nhiệt độ tính theo công thức sau [14-284]:

$$\lambda = \lambda_o \frac{273 + C}{T + C} \left(\frac{T}{273}\right)^{1/5}, \frac{\text{W}}{\text{m.độ}}; \qquad (I.36)$$

trong đó λ_o - hệ số dẫn nhiệt của khí ở 0°C, W/m.độ (tra bảng I.122); T - nhiệt độ tuyệt đối của khí, °K; C - hằng số, phụ thuộc vào loại khí (tra bảng I.122).

11. Hệ số dẫn nhiệt của hỗn hợp khí có thể tính theo công thức (I.35) trong đó C_v và μ là của hỗn hợp. Ngoài ra cũng có thể xác định theo công thức sau:

$$\lambda_{hh} = \lambda_1 y_1 + \lambda_2 y_2 + \lambda_3 y_3 + ...; \qquad (I.37)$$

trong đó λ_1, λ_2, λ_3 ... - hệ số dẫn nhiệt của các cấu tử trong hỗn hợp; y_1, y_2, y_3... - nồng độ phần mol của các cấu tử trong hỗn hợp.

12. Các bảng số liệu về hệ số dẫn nhiệt

Bảng I.122. **Giá trị của λ_0 và hằng số C của một vài chất khí**

Khí	λ_o	C	Khí	λ_o	C
Amoniac	0,0172	626	Khí sunfurơ	0,0066	396
Cacbon oxit CO	0,0185	156	Không khí	0,0201	122
Clo	0,0062	351	Nitơ	0,0209	102
Hiđro	0,1370	94	Oxi	0,0201	144

Bảng I.123. **Hệ số dẫn nhiệt của kim loại và hợp kim [37.918]**

Tên kim loại hay hợp kim		Nhiệt độ *t*, °C	Hệ số dẫn nhiệt λ, Wm.độ
1		2	3
Antimon (stibi) Sb		0	18,45
		0–30	17,6
		100	16,75
Bạc 99,9%		–160	418,0
		0	459,0
Bạc 99,98%		18	444,0
		100	415,0
Bạc hợp kim	90Ag + 10 Pt	25	141,0
	90Ag + 10 Pt	25	98,0
	70Ag + 30 Pt	25	31,0
Côban hợp kim (97,12 Co + 0,24 C + 1,4 Fe + 1,1 Ni + 0,14 Si)		30	488,0
Đồng		–183	465
		0	385
		100	385
Đồng hợp kim	99,37Cu + 0,63P	30	104,7
	98,02Cu + 1,98P	30	52,3
	96Cu + 3Si + 1Mn	20	33,1
	84Cu + 4Ni + 12Mn	18	21,75
		100	26,45
	60Cu + 40Ni	18	22,6
		100	26,8
	54Cu + 46Ni	18	20,3
	89Cu + 11Zn	18	115
	87Cu + 13Zn	18	126
	82Cu + 18Zn	18	131
	68Cu + 32Zn	18	109
	62Cu + 22Zn + 16N	18	24,9
	52Cu + 26Zn + 22Ni	0	29,3
	95Cu + 5Al	20	82,5
	90Cu + 10Sn	20	41,8
	75Cu + 25Sn	20	25,5
	92,8Cu + 5Sn + 2Zn + 0,15P	20	79,1
Gang		18	45,3
		100	45,3
Kali		5	98
		20,7	97,2
		57,6	90,7
Kali hợp kim	62,9%K + 37,1%Na	6,0	23
		42,9	25,9

Tiếp bảng 1.123

1	2	3
Kẽm Zn	− 170	117,3
	18	111,0
	100	109,5
Kẽm hợp kim: 70%Zn + 30%Sn	44	93,8
Liti Li	0	71,2
	0	71,2
	101,3	75,4
Magiê Mg	0−100	157,5
Magiê hợp kim 92Mg + 8Al	20−200	62,8−79,6
92Mg + 8Cu	20−200	125,7−132,5
88Mg + 10Al + 2Si	20−200	121,5−133,4
Molipđen Mo	17	145
Natri	5,7	134,5
	21,2	133
	81,1	1250,5
Niken 99%	− 160	54
	18	58,6
Niken + 2 - 3%Co	300	52,7
Niken hợp kim 79,5Ni + 13Cr + 6,5Fe	1200	24,3
Nhôm 99%	70	15,1
	18	211
	30	208
	100	318,5
	600	423
Platin	−252,8	390,0
	− 183	76,2
	0−200	70,0
Tantali Ta	17	54,5
	1827	83,0
Sắt rèn	0	59,5
	100	57
Sắt 99,92%	20	73,3
	100	67,4
	− 170	81,7
Thiếc	0	64
	100	59,5
Thủy ngân rắn	−269,3	167,5
	−44,2	27,85
Thủy ngân lỏng	0	8,08
	50	8,75
Vàng	0	311
	97	312,5
Vàng hợp kim 90%Au + 10%Pb	25	98
50%Au + 50%Pb	25	36
	0	160
Vonfram	2227	148

Bảng I.124. **Hệ số dẫn nhiệt của một số chất tinh khiết ở trạng thái rắn [37.921]**

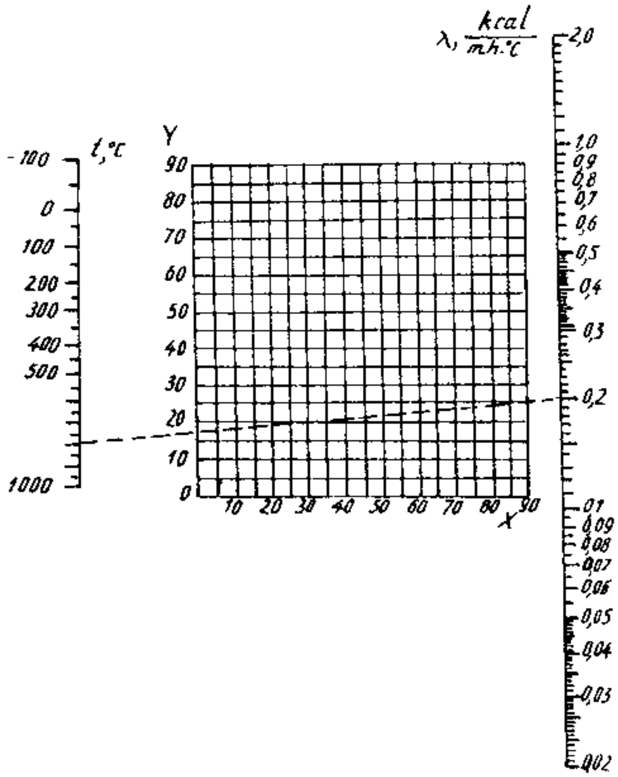
Tên gọi	Công thức	Nhiệt độ t, °C	Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m.độ
Bạc bromua	AgBr	0	1,03
Bạc clorua	AgCl	0	1,09
Coban oxit (bột)	CO_2O_3	48,5	0,418
Đồng oxit (bột)	CuO	45,6	1,01
Graphit (ρ = 1,58)	C	50	44,2
Graphit bột (ρ = 0,7)	C	40	1,195
Kali clorua	KCl	0	6,95
Kali iodua	KI	0	5,03
Lưu huỳnh	S	0	0,293
Magiê oxit bột (ρ = 797)	MgO	47,6	0,607
Naftalen	$C_{10}H_8$	0	0,377
Natri clorua	NaCl	0	1,115
Niken oxit (bột)	Ni_2O_3	46,2	0,938
Nhôm oxit (bột)	Al_2O_3	46,8	0,678
Nhôm oxit (nóng chảy)	–	650– 135	3,35
Silic cacbua	SiC	0	15,6
Thạch anh: trục //	SiO_2	650– 135	13,6
–		0 0	9,0
trục ⊥		100 100	5,58
–		0	7,25

Bảng I.125. **Hệ số dẫn nhiệt của một số loại thép [37.921, 21.384]**

Nhóm thép	Mã hiệu	Hệ số dẫn nhiệt tại các nhiệt độ khác nhau, W/m. độ							
		100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
Thép cacbon	15	54,4	50,2	46,1	41,8	37,7	33,5	–	–
	30	50,2	46,1	41,8	37,7	33,5	29,3	–	–
Thép crôm	1X13	22,45	21,15	–	23,5	–	21,95	–	–
Thép crôm - molipđen	X10C2M	18,35	–	21,75	–	–	24,65	21,95	–
	12XM	37,7	35,6	33,5	–	–	–	–	–
Thép crôm - niken	12XH3	36,1	34,55	33,1	31,6	30,2	28,14	25,8	25,1
	34XH3	36,4	35,22	34,2	33,95	23,5	–	–	–
	20XH5B	26,05	26,75	29,05	31,1	33,35	31,85	30,0	29,3
	2X13	25,47	25,8	26,4	26,4	26,6	26,4	26,1	26,7
	1X25	20,9	21,9	22,9	23,8	24,3	–	–	–
	X25H20	14,25	16,35	18,43	20,1	22,6	25,1	27,7	30,1
	4X7H36	16,25	16,5	17,35	19,05	20,7	22,2	23,84	25,7
Thép crôm - niken - titan	1X18H9T	16,85	19,15	21,5	24,4	26,7	29,6	32,5	36
Thép crôm - niken - vonfram	4X14H14B2M	15,45	–	18,1	–	21,15	21,95	–	–

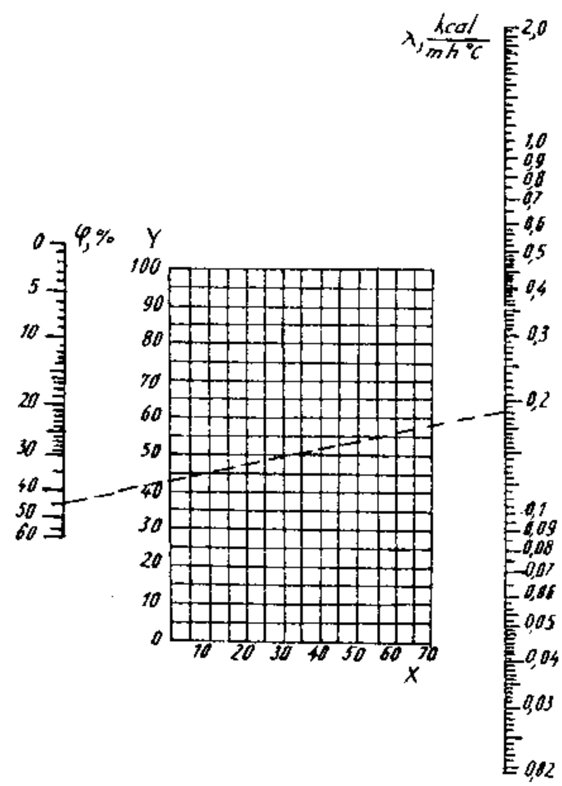
Bảng I.126. **Hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu cách nhiệt, vật liệu xây dựng và các vật liệu khác [37.923]**

Vật liệu	Nhiệt độ t, °C	λ, W/m.độ
Amian cactông	100	0,144
Amian sợi	0	0,1115
Amian vải	20	0,279
Bêtông	20	0,922
Bêtông xỉ	–	0,93
Banxit (quặng bôxit)	600	0,557
Bông (ρ = 810kg/m^3)	0	0,057
Bông thủy tinh	0	0,0372
Bông xỉ	100	0,0692
Cactông	–	0,0638
Cặn nồi hơi	65	1,31–3,13
Cao su mềm	20	0,167
Cát khô	20	0,325
Cát ẩm	20	1,13
Diệp thạch (đá phiến)	100	1,49
Đá bazan	20	2,173
Đá cẩm thạch đen	30	2,83
Đá cẩm thạch trắng	–	3,27
Đá vôi	0	2,07
Đất sét chịu lửa	300–600	0,873–0,924
Gạch cách nhiệt	100	0,1395
Gạch chịu lửa	200	1,005
Gạch xây dựng	20	0,2325–0,28
Gỗ thông ngang thớ (ρ = 546kg/m^3)	15	0,151
Gỗ thông dọc thớ (ρ = 551kg/m^3)	20	0,349
Grafit	20	3,42
Klinke	30	0,613
Len khoáng vật	50	0,0465
Lớp trát bằng vôi vữa	20	0,778
Mica	–	0,581
Mùn cưa	20	0,070
Nỉ, dạ	40	0,0616
Nước đá	0	2,25
Nước đá	–95	3,95
Parafin	20	0,267
Sứ	95	1,03
Thạch cao	0	1,295
Than cốc dạng bột	100	0,191
Than đá	20	0,186
Than gỗ	81	0,0755
Thủy tinh	20	0,743
Tectôlit	20	0,645–0,93
Ximăng pooclăng	30	0,302



Cách dùng. Qua điểm xác định bởi tọa độ X và Y đối với vật liệu đã cho (xem trong bảng ở các trang 130, 131), kẻ một đường thẳng nối với điểm nhiệt độ trên thang bên trái rồi kéo dài đến thang hệ số dẫn nhiệt λ (thang bên phải), giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của λ phải tìm.

Hình I.36. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu xây dựng [49.169]**



Cách dùng. Qua điểm xác định bởi tọa độ X và Y đối với vật liệu đã cho (xem trong bảng trang 131) kẻ một đường thẳng nối với điểm ứng với độ ẩm trên thang bên trái rồi kéo dài đến thang hệ số dẫn nhiệt (thang bên phải) giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của λ phải tìm.

Toán đồ xây dựng theo số liệu thực nghiệm.

Hình I.37. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu xây dựng ẩm [49.172]**

Bảng dùng cho toán đồ hình I.36

Vật liệu	Tọa độ	
	X	Y
1	2	3
Amian cách nhiệt	63	17
Bêtông có chất độn:		
- cao lanh xốp với ximăng aluminat (tỉ lệ 6:1 theo thể tích)	73	41
- đất sét với ximăng aluminat (tỉ lệ 4:1 theo thể tích)	83	55
- diatomit với ximăng aluminat (tỉ lệ 4:1 theo thể tích)	62	34
Bêtông bọt (tấm, mảnh viên phân...)	36	84
Bông thủy tinh	54	25
Bông thủy tinh không trát	15	31
Dạ khoáng chất tẩm nhựa đường	34	20
Dạ dùng trong xây dựng (len)	8	30
Dây amian	55	23
Dây amian magiê	31	32
Đá diatomit	50	34
Đệm cách nhiệt:		
- bằng peclit	42	7
- bằng xavelit	45	18
- bằng sợi thủy tinh, bông khoáng	27	23
Gạch diatomit bọt	46	14
Gạch dinat chịu lửa, ứng dụng đặc biệt		
Gạch nhẹ	61	45
Gạch samôt	76	81
Giấy amian	54	30
Giấy amian gấp nếp	16	23
Mica amian	54	25
Nhôm lá có lớp đệm không khí:		
- loại phẳng, bóng	30	16
- loại nhàu nát	84,5	73,5
Samôt	66	80
Samôt bọt	51	19
Samôt nửa axit	72	72
Sản phẩm bằng amian vecmiculit	34	21,5
Sản phẩm bằng diatomit đã ủ	43	29
Sản phẩm bằng gốm peclit	32	23
Bông khoáng chất:		
- dạng hạt	38	19
- dạng đổ thành khối	40	18
- dạng đổ khối không trát	32	21
- dạng nhồi vào chi tiết ghép sẵn bằng vỏ kim loại, có lõi kim loại không lót amian	31	27
Bột nhẹ	44	20
Cao su đã lưu hóa	34	22
Cactông amian	60,5	26
Cát peclit	38	8
Dạ thô để cách nhiệt và lót mềm	24	21
Sản phẩm bằng khoáng chất		
- định hình bằng chất kết dính hữu cơ	13	28
- định hình bằng bitum bêtông	31	24
- định hình bằng chất kết dính vô cơ	36	23
Sản phẩm bằng khoáng chất FMB	37	21
Sản phẩm bằng peclit	31	22
Sợi thủy tinh	20	28
Than bùn đúc khuôn	35	15
Than bùn nén tấm	40	16
Thủy tinh bọt không trát	33	22
Vật liệu cách nhiệt loại vecmiculit FOB (tấm vỏ)	33	25
Vật liệu cách nhiệt loại sêvelin đơn	33	13
Vật liệu cách nhiệt loại sêvelin kép	27	15
Vải amian	39,5	30,5
Xi nén tấm	34	22

Bảng dùng cho toán đồ hình I.37

Vật liệu xây dựng	Tọa độ điểm		Nhiệt độ, t °C	Giới hạn độ ẩm, %	Khối lượng riêng ρ kg/m^3
	X	Y			
1	2	3	4	5	6
Bêtông bột	39	86		0–20	1200
	38,5	83		0–30	1100
	37,5	80		0–30	1000
	37	76		0–40	900
	35	72,5		0–40	800
	34,5	69,5	20–30	0–50	700
	34,5	65,5		0–40	600
	39	61		0–60	500
	39	56		0–60	400
	45	51		0–60	300
Bông khoáng chất	35	39			350
	56	17,5	20	0–60	200
	66	2			120
Cát	13	91,5	0–40		1390
	8	97		0–20	1690
Cỏ lau, cói	49	49,5			400
	52	42	20–30	0–60	300
	54	31			200
Diatomit hạt vụn	30	54	20	0–60	510
Gạch diatomit đã thiêu kết	21	73	10	0–60	740
Rơm	29	61	5	0–50	660
	57	23,5	20–30	0–60	150
Sản phẩm bằng diatomit đã thiêu kết	38	73,5		0–30	900
	37	69,5		0–40	800
	36	65		0–40	700
	35,5	61	20–30	0–50	600
	35	56		0–50	500
	35	50,5		0–60	400
	36,5	44,5		0–60	300
	38,5	38		0–60	200

Tiếp bảng dùng cho toán đồ hình I.37

1	2	3	4	5	6
Tấm cách nhiệt ximăng amian	45,5	77,5	10	10–60	410
Than bùn dạng tấm	41	39	20–30	0–60	300
	42	34			250
	44	28			200
	48	21			150
Than bùn	50	54	20–30	0–60	400
	55	46			300
	60	36,5			200
	68	24,5			100
Thủy tinh bọt	42	33,5	5	0–40	280
Xỉ dạng hạt	38	64	20–30	0–50	700
	38	60		0–50	600
	38	56		0–60	500
	38,5	51		0–60	400
	39	69,5	20–30	0–50	800
Xỉ lò cao	39	64,5			700
	37,5	61,5			600
Xỉ nồi hơi	39	90	20–30	0–20	1300
	40,5	87		0–20	1200
	40	84		0–30	1100
	42	81		0–30	1000
	43	77		0–30	900

***Bảng I.127.* Hệ số dẫn nhiệt của tuyết ở 0°C [21.334]**

Khối lượng riêng ρ kg/m^3	150	200	300	400	500	600	800
Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m. độ	0,1163	0,151	0,2326	0,337	0,465	0,639	1,278

***Bảng I.128.* Hệ số dẫn nhiệt của nước đá [21.334]**

Nhiệt độ t°C	0	–20	–40	–60	–80	–100	–120
Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	917	920	922	924	926	928	929
Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m. độ	2,5	2,76	3,025	3,29	3,55	3,945	4,34

Bảng I.129. **Hệ số dẫn nhiệt của nước và hơi nước phụ thuộc nhiệt độ và áp suất**

($\lambda.10^2$ kcal/m.h.độ; 1kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ) [37.930]

t,°C	Trên đường bão hòa		Áp suất, at									
	Nước	Hơi nước	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	47,4	...	47,4	47,4	47,5	47,5	47,6	47,7	47,8	48,0	48,2	48,4
10	49,4	...	49,4	49,4	49,5	49,6	49,7	49,8	50,0	50,2	50,4	50,7
20	51,5	...	51,5	51,5	51,6	51,7	51,8	51,9	52,1	52,3	52,5	52,8
30	53,1	...	53,1	53,1	53,2	53,3	53,4	53,5	53,7	54,0	54,2	54,5
40	54,5	...	54,5	54,5	54,6	54,7	54,8	54,9	55,1	55,4	55,6	55,9
50	55,7	...	55,7	55,7	55,8	55,9	56,0	56,1	56,3	56,5	56,7	57,0
60	56,7	...	56,7	56,7	56,8	56,9	57,0	57,1	57,3	57,5	57,7	58,0
70	57,4	...	57,4	57,4	57,5	57,6	57,7	57,8	58,0	58,8	58,5	58,8
80	58,0	...	58,0	58,0	58,1	58,2	58,3	58,4	58,6	58,9	59,1	59,4
90	58,5	...	58,5	58,5	58,6	58,7	58,8	58,9	59,1	59,4	59,6	59,9
100	58,7	2,04	2,04	58,8	58,9	59,0	59,1	59,3	59,5	59,8	60,0	60,3
110	58,9	2,14	2,12	58,9	59,0	59,1	59,3	59,5	59,7	60,0	60,2	60,5
120	59,0	2,23	2,21	59,0	59,1	59,2	59,4	59,6	59,9	60,2	60,5	60,8
130	59,0	2,31	2,29	59,0	59,1	59,2	59,4	59,6	59,9	60,2	60,5	60,9
140	58,9	2,40	2,37	58,9	59,0	59,2	59,4	59,6	59,9	60,2	60,5	60,8
150	58,8	2,48	2,44	58,8	59,0	59,2	59,4	59,6	59,8	60,1	60,4	60,8
160	58,7	2,59	2,53	58,7	58,8	58,9	59,1	59,3	59,6	59,9	60,3	60,6
170	58,4	2,69	2,61	58,4	58,5	58,7	58,9	59,1	59,4	59,7	60,0	60,3
180	58,0	2,81	2,71	58,0	58,1	58,3	58,5	58,7	59,0	59,3	59,6	60,0
190	57,6	2,94	2,80	57,6	57,7	57,9	58,1	58,3	58,6	58,9	59,3	59,7
200	57,0	3,05	2,88	57,0	57,2	57,4	57,6	57,8	58,1	58,4	58,8	59,3
210	56,3	3,20	2,98	56,3	56,5	56,7	56,9	57,2	57,6	58,0	58,3	58,7
220	55,5	3,35	3,07	3,27	55,7	55,9	56,1	56,4	56,8	57,2	57,7	58,2
230	54,8	3,52	3,16	3,38	54,9	55,1	55,3	55,6	56,0	56,5	56,9	57,4
240	54,0	3,69	3,24	3,44	54,0	52,4	54,4	54,7	55,2	55,7	56,2	56,7
250	53,1	3,88	3,33	3,52	3,87	53,1	53,3	53,7	54,2	54,7	55,2	55,7
260	52,0	4,13	3,43	3,61	3,93	52,1	52,3	52,6	53,1	53,6	54,1	54,7
270	50,7	4,39	3,53	3,72	4,03	50,7	51,0	51,4	52,0	52,6	53,1	53,7
280	49,4	4,72	3,62	3,80	4,08	4,51	49,5	50,0	50,6	51,2	51,9	52,6
290	48,0	5,01	3,71	3,89	4,17	4,48	48,0	48,4	49,0	49,7	50,5	51,3
300	46,4	5,39	3,80	3,95	4,23	4,60	5,14	46,6	47,3	48,0	48,6	49,2
310	45,0	5,88	3,91	4,08	4,34	4,69	5,17	5,85	45,8	46,5	47,2	47,9
320	43,5	6,46	4,01	4,18	4,43	4,75	5,20	5,78	44,1	45,1	45,9	46,5
330	41,6	7,10	4,10	4,26	4,57	4,82	5,24	5,77	42,0	43,4	44,3	45,2
340	39,3	8,00	4,20	4,36	4,60	4,90	5,28	5,77	39,3	41,4	42,6	43,7
350	37,0	9,20	4,30	4,44	4,67	4,96	5,33	5,77	7,64	38,9	40,7	41,9
360	34,0	11,0	4,39	4,53	4,76	5,04	5,39	5,81	7,40	35,4	38,3	39,9
370	29,0	14,7	4,50	4,64	4,86	5,13	5,46	5,58	7,27	10,6	34,8	37,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
380	–	–	4,61	4,74	4,95	5,22	5,54	5,91	7,20	9,55	27,6	34,5
390	–	–	4,72	4,85	5,05	5,30	5,62	5,98	7,17	9,15	14,7	29,9
400	–	–	4,81	4,94	5,14	5,38	5,69	6,01	7,12	8,84	12,2	22,1
410	–	–	4,91	5,04	5,24	5,48	5,76	6,08	7,12	8,61	11,2	17,2
420	–	–	5,02	5,15	5,35	5,58	5,85	6,16	7,14	8,53	10,7	14,5
430	–	–	5,12	5,25	5,44	5,67	5,93	6,23	7,16	8,45	10,3	13,2
440	–	–	5,23	5,36	5,54	5,77	6,01	6,31	7,20	8,38	10,1	12,4
450	–	–	5,33	5,46	5,64	5,88	6,10	6,38	7,23	8,35	9,84	11,9
460	–	–	5,45	5,58	5,76	5,99	6,20	6,47	7,29	8,35	9,70	11,5
470	–	–	5,56	5,69	5,87	6,09	6,29	6,36	7,35	8,34	9,62	11,3
480	–	–	5,68	5,80	5,97	6,18	6,40	6,65	7,41	8,36	9,56	11,1
490	–	–	5,78	5,90	6,06	6,28	6,48	6,73	7,46	8,37	9,51	10,9
500	–	–	5,88	6,0	6,16	6,35	6,57	6,81	7,52	8,39	9,46	10,8

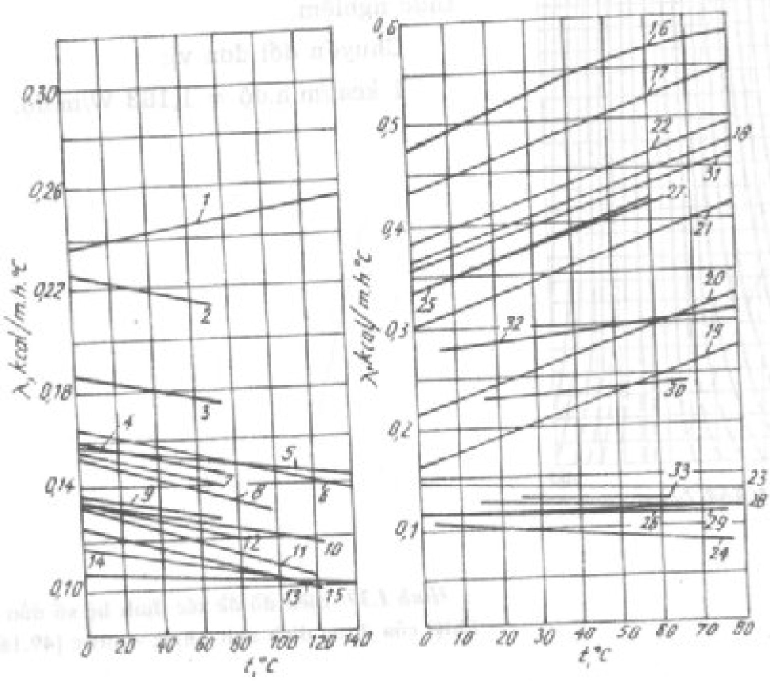
Chú thích: bên phải đường kẻ gấp khúc là hệ số dẫn nhiệt của nước, bên trái đường gấp khúc là hệ số dẫn nhiệt của hơi quá nhiệt, nước và hơi nước trên đường bão hòa.

Bảng I.130. **Hệ số dẫn nhiệt của một số chất lỏng và dung dịch trong nước theo nhiệt độ**

Chất	Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m.độ							
	−20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Amoniac lỏng	0,585	0,540	0,494	0,449	0,404	0,358	0,314	0,268
" 25%	-	0,418	0,488	0,478	0,507	0,538	0,569	0,5925
Anhidrit sunfurơ lỏng	0,224	0,211	0,198	0,186	0,174	0,161	0,148	0,136
Anilin	-	0,186	0,182	0,179	0,174	0,171	0,167	0,163
Axeton	0,178	0,174	0,169	0,165	0,165	0,155	0,151	0,146
Axit axetic 100%	-	0,1765	0,173	0,168	0,1635	0,160	0,155	0,151
" 50%	-	0,3137	0,3462	0,379	0,412	0,445	0,476	0,511
Axit clohidric 30%	-	0,388	0,42	0,452	0,486	0,522	0,555	0,58
Axit nitric 100%	0,262	0,256	0,251	0,246	0,2415	0,238	0,233	0,228
" 50%	-	0,442	0,4575	0,469	0,478	0,484	0,486	0,488
Axit sunfuric 98%	-	0,294	0,330	0,341	0,355	0,376	0,388	0,399
" 92%	0,297	0,320	0,344	0,355	0,375	0,390	0,401	0,413
" 75%	0,348	0,365	0,383	0,400	0,420	0,446	0,470	0,492
" 60%	0,383	0,406	0,429	0,440	0,464	0,499	0,522	0,545
Axit fomic	-	0,2605	0,257	0,253	0,2485	0,245	0,2405	0,236
Benzen	-	0,151	0,146	0,140	0,136	0,130	0,1285	0,128
Cacbon disunfua CS_2	0,174	0,1695	0,165	0,1612	0,1545	0,1497	0,145	0,1400
Cacbon tetraclorua CCl_4	0,131	0,124	0,117	0,110	0,103	0,096	0,0989	0,0824
Canxi clorua 25%	0,471	0,505	0,540	0,570	0,603	0,637	0,672	0,696
Clobenzen	0,137	0,1325	0,129	0,1255	0,121	0,1163	0,114	0,1092
Clorofom	0,151	0,1417	0,1325	0,112	0,114	0,1023	0,0917	0,0825

Tiếp bảng I.130

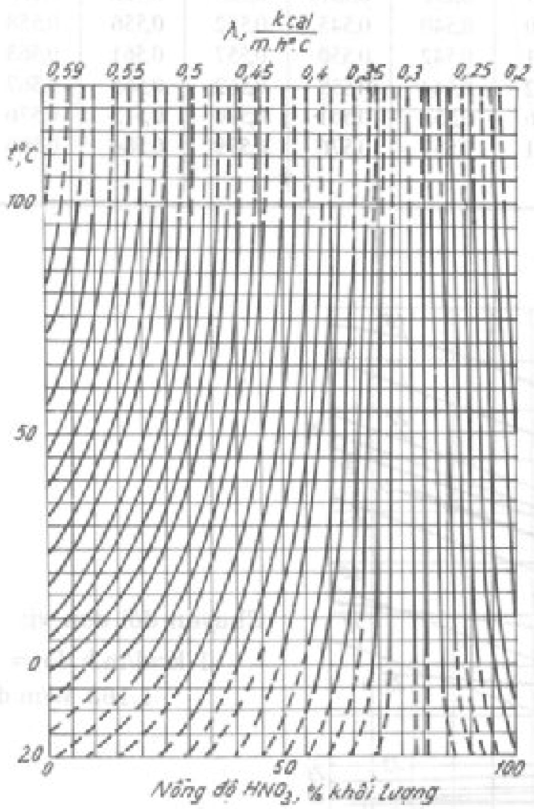
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dicloetan	9,1451	0,1395	0,1348	0,1302	0,1243	0,1196	0,1137	0,1092
Ete etyl	0,1395	0,1384	0,1372	0,136	0,1348	0,1336	0,1324	0,1312
Etyl axetat	0,1745	0,157	0,137	0,1173	0,0976	–	–	–
Fenol	–	–	0,2033	0,2055	0,209	0,2115	0,214	0,216
Glixerin 50%	–	0,389	0,421	0,454	0,488	0,523	0,5575	0,5925
Natri clorua 20%	–	0,543	0,576	0,603	0,626	0,644	0,655	0,661
Nước	–	0,545	0,597	0,642	0,657	0,672	0,680	0,685
Oleum 20%	–	0,2905	0,302	0,314	0,325	0,337	–	–
Rượu butylic	1,591	0,1557	0,1535	0,150	0,1463	0,143	0,1394	0,137
Rượu etylic 100%	0,171	0,1705	0,168	0,167	0,1645	0,1635	0,161	0,159
" 80%	–	0,1895	0,222	0,2545	0,287	0,3195	0,349	0,383
" 60%	–	0,25	0,2825	0,314	0,3465	0,379	0,467	0,442
" 40%	–	0,349	0,382	0,415	0,4475	0,480	0,511	0,546
" 20%	–	0,446	0,478	0,511	0,542	0,575	0,604	0,639
Rượu izopropylic	0,157	0,1535	0,151	0,1475	0,144	0,1405	0,137	0,1335
Rượu metylic 100%	0,2161	0,2138	0,2113	0,2080	0,2055	0,202	0,199	0,197
" 40%	–	0,323	0,3332	0,343	0,353	0,3625	0,372	0,383
Toluen	0,145	0,1405	0,136	0,131	0,1275	0,123	0,1189	0,114
Xút 50%	–	0,517	0,530	0,540	0,545	0,552	0,556	0,558
" 40%	–	0,517	0,531	0,542	0,550	0,557	0,561	0,563
" 30%	–	0,517	0,532	0,544	0,555	0,562	0,565	0,567
" 20%	–	0,518	0,536	0,55	0,561	0,570	0,573	0,576
" 10%	–	0,522	0,541	0,557	0,570	0,579	0,584	0,586



Chuyển đổi đơn vị:
1 kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ

Hình I.38. Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của một số chất lỏng phụ thuộc vào nhiệt độ [3.139]

Chất lỏng	Đường	Chất lỏng	Đường
Amoniac 26%	31	Hexan	26
Anilin	6	Izopropan	11
Axeton	8	Natri clorua 25%	18
Axit axetic	7	Nitrobenzen	10
Axit clohidric 30%	27	Nước	16
Axit fomic	2	Octan	33
Axit sunfuric 98%	30	Rượu butylic	9
Benzen	12	Rượu etylic 100%	4
Cacbon sunfua	23	" 80%	19
Cacbon tetraclorua	24	" 60%	20
Canxi clorua 25%	17	" 40%	21
Dầu hỏa	28	" 20%	22
Dầu thầu dầu	5	Rượu metylic 100%	3
Dầu vazơlin	15	" 40%	32
Ete etyl	29	Toluen	13
Glixerin khan	1	Xilon	14
" 50%	25		



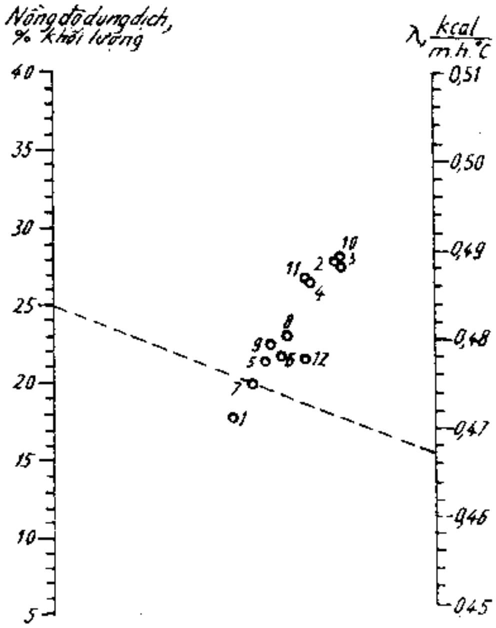
Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ của axit nitric (trên trục tung và trục hoành), kẻ hai đường thẳng góc với nhau. Đường cong hệ số dẫn nhiệt đi qua giao điểm của hai đường thẳng góc trên cho ta giá trị của λ phải tìm.

Biểu đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1 kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ.

Hình I.39. **Biểu đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của dung dịch axit nitric - nước [49.162]**

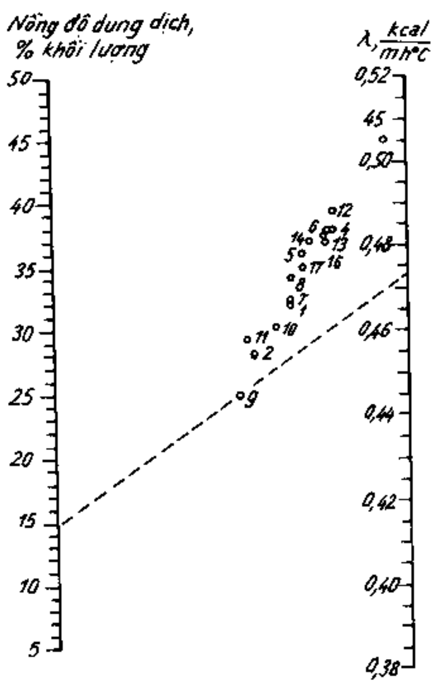


Cách dùng. Qua hai điểm ứng với chất cần xác định hệ số dẫn nhiệt (xem bảng dưới) và nhiệt độ, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số dẫn nhiệt λ. Giao điểm sẽ cho giá trị λ phải tìm. Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị : 1kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ

Hình I.40. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của các dung dịch muối clorua-nước ở 20°C [49.160]**

Tên chất	Điểm	Giới hạn nồng độ, % khối lượng	Tên chất	Điểm	Giới hạn nồng độ, % khối lượng
$BaCl_2$	2	5-25	$MgCl_2$	7	5-20
$CaCl_2$	3	5-16	NaCl	10	5-25
	4	16-40	NH_4Cl	1	5-25
KCl	8	5-15	$SnCl_2$	10	5-15
	9	15-25		11	15-30
LiCl	5	5-15	$ZnCl_2$	5	5-20
	6	15-25		12	20-4



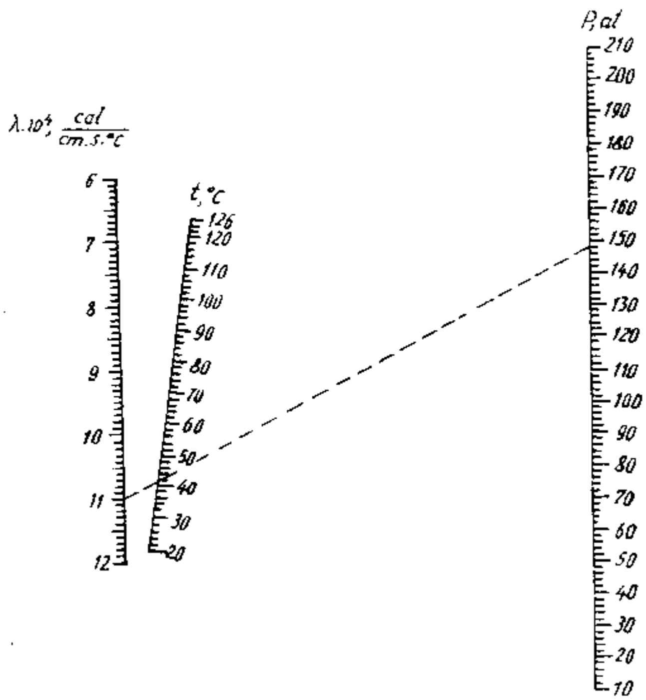
Cách dùng. Qua hai điểm ứng với chất cần xác định hệ số dẫn nhiệt (xem bảng trang sau) và nồng độ dung dịch kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số dẫn nhiệt λ. Giao điểm cho giá trị của λ phải tìm. Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ

Hình I.41. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của dung dịch các chất điện phân trong nước ở 20°C [49.161]**

Chất điện phân	Điểm	Giới hạn nồng độ, % khối lượng	Chất điện phân	Điểm	Giới hạn nồng độ, % khối lượng
$Al_2(SO_4)_3$	1	5–12	$NaNO_3$	13	5–20
	2	12–25		14	20–40
$AgNO_3$	8	15–40	Na_2SO_4	15	5–20
KNO_3	7	5–20	NH_3	3	5–17
$MgSO_4$	6	5–25	$Pb(NO_3)_2$	4	5–20
$NaC_2H_3O_2$	9	5–30		5	20–30
NaBr	10	5–22	$ZnSO_4$	16	5–15
	11	22–40		17	15–30
$Na_2Cr_2O_7$	12	15–50			



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và áp suất đã cho kẻ một đường thẳng và kéo dài đến khi cắt thang hệ số dẫn nhiệt λ (thang bên trái). Giao điểm đó cho ta giá trị của λ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1cal/cm.s.độ = 418,7 W/m.độ.

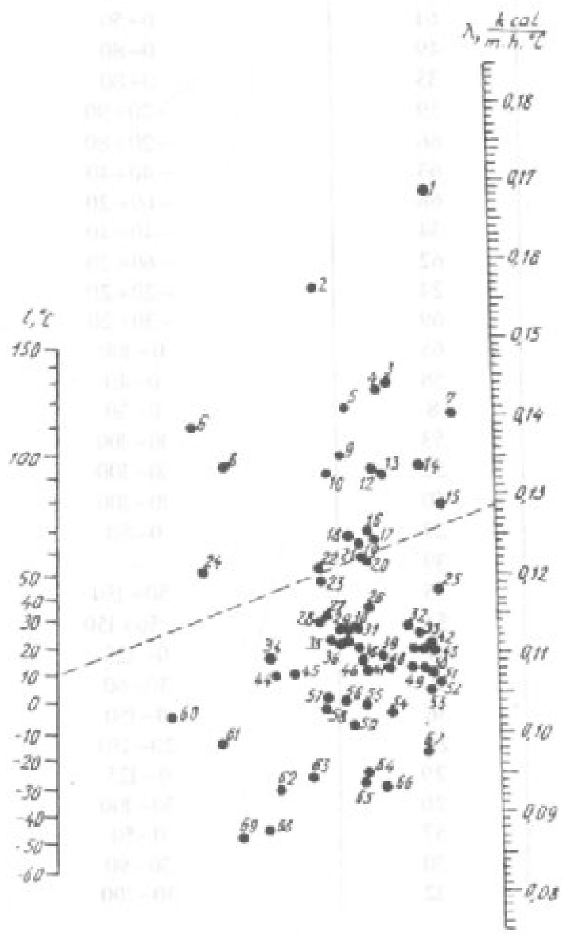
Hình I.42. **Toán đồ xác định hệ số dẫn nhiệt của amoniac lỏng [49.159]**

Bảng I.131. **Hệ số dẫn nhiệt của một số chất lỏng hữu cơ [37-925]**

Tên gọi	Công thức	t,°C	W/m . độ
1	2	3	4
Amyl bromua	$C_5H_{11}Br$	18	0,985
Amyl clorua	$C_5H_{11}Cl$	12	0,1185
Amyl iodua	$C_5H_{11}I$	12	0,085
Benzen bromua	C_6H_5Br	20	0,1115
Benzen iodua	C_6H_5I	30–100	0,12
Dicloetilen	$C_2H_4Cl_2$	20	0,1265

Tiếp bảng I.131

1	2	3	4
Điclometan	CH_2Cl_2	0	0,122
Etan bromua	C_2H_5Br	30	0,12
Etilen tetraclorua	$CCl_2 = CCl_2$	20	0,162
Freon-21	$CHFCl_2$	–	0,108
Freon-22	CHF_2Cl	20	0,093
Freon-113	$C_2F_3Cl_3$	30	0,091
Freon-114	$C_2F_4Cl_2$	30	0,075
Glixerin	$C_3H_5(OH)_3$	20	0,295
Hexan	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	30 – 100	0,1375
Metan clorua	CH_3Cl	– 15 ÷ +30	0,193
Nitrometan	CH_3NO_2	30	0,215
Tricloetilen	$CHCl = CCl_2$	20	0,116
Trietylamin	$(C_2H_5)_3N$	20	0,121
o-Xilen	$C_6H_4(CH_3)_2$	– 20 ÷ +18	0,143
m-Xilen	$C_6H_4(CH_3)_2$	25	0,158



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với chất cần xác định hệ số dẫn nhiệt (xem bảng ở trang sau) và nhiệt độ, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số dẫn nhiệt λ. Giao điểm sẽ cho giá trị của λ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1 kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ.

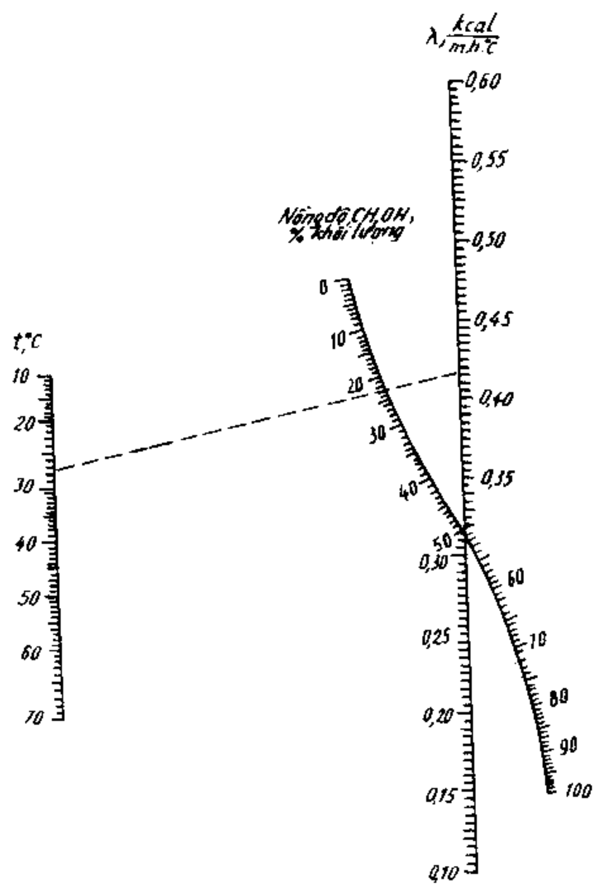
Hình I.43. Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của một số chất lỏng [49.155]

Bảng dùng cho toán đồ hình I.43

Chất	Điểm	Giới hạn nhiệt độ, °C
Anilin	5	0–150
Axeton	10	0–100
Axit axetic	9	25–75
Axit butiric	6	80–120
Benzen	23	0–125
Benzen clorua	38	0–80
Cacbon dioxit	60	0–31
Cacbon tetraclorua	64	–
Dầu biến thế	67	0–120
Dầu diezen	41	10–100
Dầu lửa	21	20–75
Dầu MC-20	32	0–120
Dầu MK-22	22	10–150
Dầu oliu	7	20–100
Dầu thầu dầu	3	0–150
Dầu tuốcbin L và T (22 và 46)	42	10–100
Dầu tuốcbin UT (30)	43	10–100
Dầu vazơlin	51	0–150
Đecan	37	0–150
Đođecan	31	0–150
Etan	61	0–50
Etilen clorua	49	0–80
Etylbenzen	35	0–80
Fenyl bromua	59	–20÷80
Fenyl iođua	66	–20÷80
Freon-11	63	–40÷40
Freon-12	68	–60÷20
Freon-21	34	–40÷40
Freon-22	62	–60÷20
Freon-40	24	–20÷20
Freon-113	69	–30÷20
Izooctan	65	0–100
Izopentan	58	0–40
Lưu huỳnh đioxit SO_2	8	0–30
Mazut lò 40	53	10–100
Mazut tàu thủy-20	52	10–100
Mazut tàu thủy-12	50	10–100
Mezitilen	27	0–80
Monoizopropylđifenyl	39	–
Nhiên liệu T-1	55	50÷150
Nhiên liệu T-5	54	–50÷150
Nitrobenzen	17	0–125
Nitrometan	2	30–60
Nonan	36	0–150
Nước tải nhiệt (hỗn hợp BOT)	26	20–150
o, m-Xilen	29	0–125
Panranđehit	20	30–100
Pentan	57	0–50
Propan	30	30–90
Rượu amylic	12	30–100

Tiếp bảng dùng cho toán đồ hình I.43

Chất	Điểm	Giới hạn nhiệt độ, °C
Rượu butylic	16	0–75
Rượu etylic 94%	4	0–150
Rượu hexylic	14	30–75
Rượu heptylic	13	30–75
Rượu izoamylic	15	30–75
Rượu izopropylic	19	0–75
Rượu metylic	1	0–75
Rượu propylic	18	0–100
Toluen	28	0–150
Tricloetilen	40	–60÷20
Trietylamin	45	0–80
Xăng B-70	56	–50÷150
Xiclohexan	47	10–80



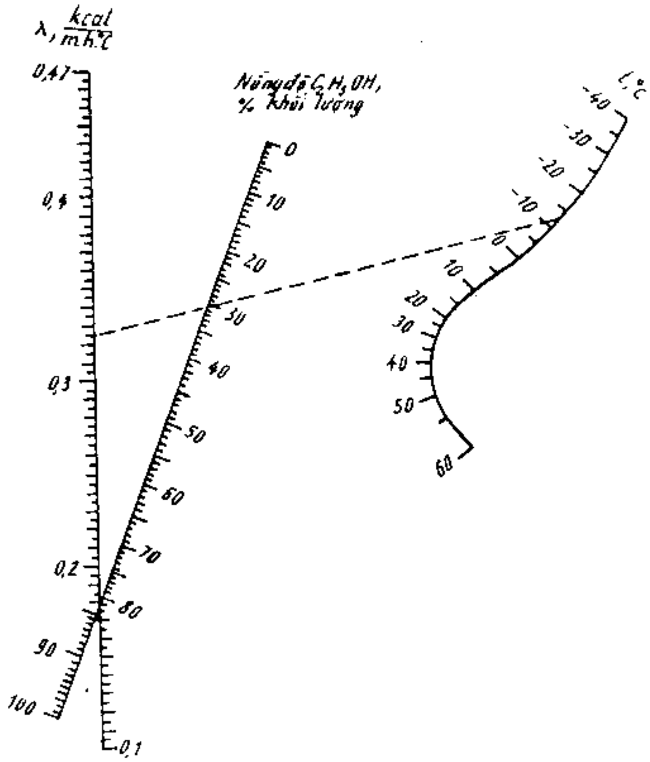
Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ của rượu metylic, kẻ một đường thẳng đến thang hệ số dẫn nhiệt λ. Giao điểm cho giá trị của λ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1 kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ.

Hình I.44. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của dung dịch rượu metylic-nước [49.163]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ rượu, kẻ một đường thẳng đến thang hệ số dẫn nhiệt λ. Giao điểm cho giá trị của λ cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:
1 kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ.

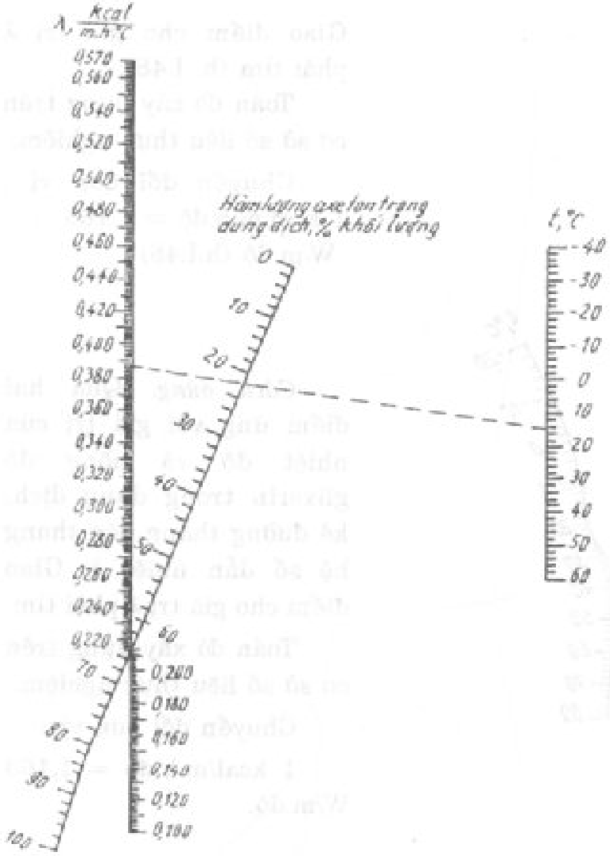
Hình I.45. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của dung dịch rượu etylic-nước [49.164]**

Bảng I.132. **Sự thay đổi tương đối của hệ số dẫn nhiệt của một số chất lỏng ở áp suất khác nhau [21.362]**

Chất lỏng	t,°C	Áp suất, at						
		1	1000	2000	4000	6000	9000	12000
Axeton	30	1,0	1,184	1,315	1,511	1,650	1,846	-
	75	1,0	1,181	1,325	1,554	1,738	1,960	2,137
Nước	30	1,0	1,058	1,113	1,210	1,293	1,398	-
	75	1,0	1,065	1,1123	1,225	1,308	1,412	1,506
Rượu etylic	30	1,0	1,221	1,363	1,574	1,744	1,954	2,122
	75	1,0	1,233	1,4	1,650	1,845	2,033	2,278
Rượu metylic	30	1,0	1,201	1,342	1,557	1,721	1,927	2,097
	75	1,0	1,212	1,365	1,601	1,782	2,067	2,191
Toluen	30	1,0	1,159	1,268	1,470	1,604	1,768	2,394
	75	1,0	1,210	1,355	1,573	1,738	1,932	2,089

Bảng I.133. **Hệ số dẫn nhiệt của một số tác nhân lạnh ở trạng thái lỏng (λ, W/m.độ) [37.927]**

Tác nhân lạnh	Công thức	Nhiệt độ, °C						
		−30	−20	−10	0	10	20	30
Amoniac	NH_3	0,57	0,57	0,558	0,547	0,518	–	–
Cacbon đioxit	CO_2	–	0,151	0,1395	0,1279	0,1163	0,093	0,0698
Lưu huỳnh đioxit	SO_2	–	0,3	0,2175	0,2115	0,2046	0,199	0,193
Metyl clorua	CH_3Cl	–	–	0,1883	0,179	0,171	0,1615	0,1635
Freon-11	$CFCl_3$	0,1196	0,115	0,1105	0,1058	0,1011	0,0953	0,0907
Freon-12	CF_2Cl_2	0,1057	0,1011	0,0965	0,0918	0,0872	0,0826	0,0778



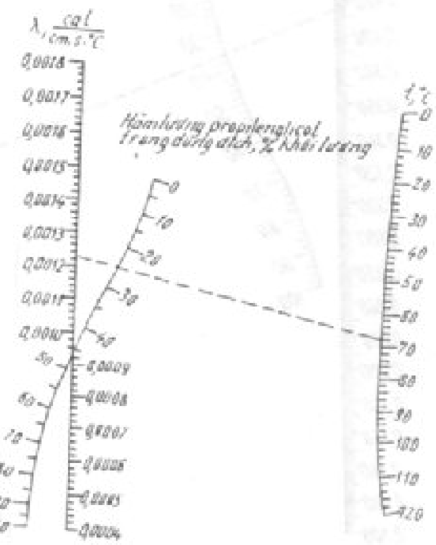
Hình I.46. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của dung dịch axeton-nước [49.166]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ axeton trong dung dịch, kẻ đường thẳng đến thang hệ số dẫn nhiệt λ. Giao điểm cho giá trị λ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1 kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ.



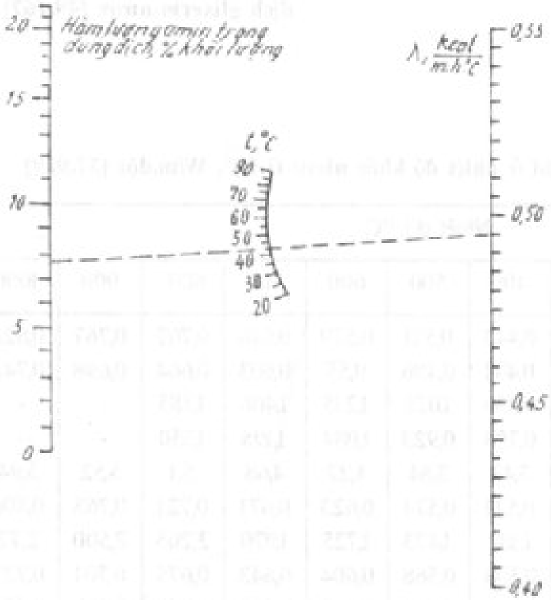
Hình I.47. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của dung dịch propilenglicol-nước [49.168]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ propilenglicol trong dung dịch, kẻ đường thẳng đến cắt thang hệ số dẫn nhiệt λ. Giao điểm cho giá trị λ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị :

1 cal/cm.s.độ = 418,7 W/m.độ (h. I.47).



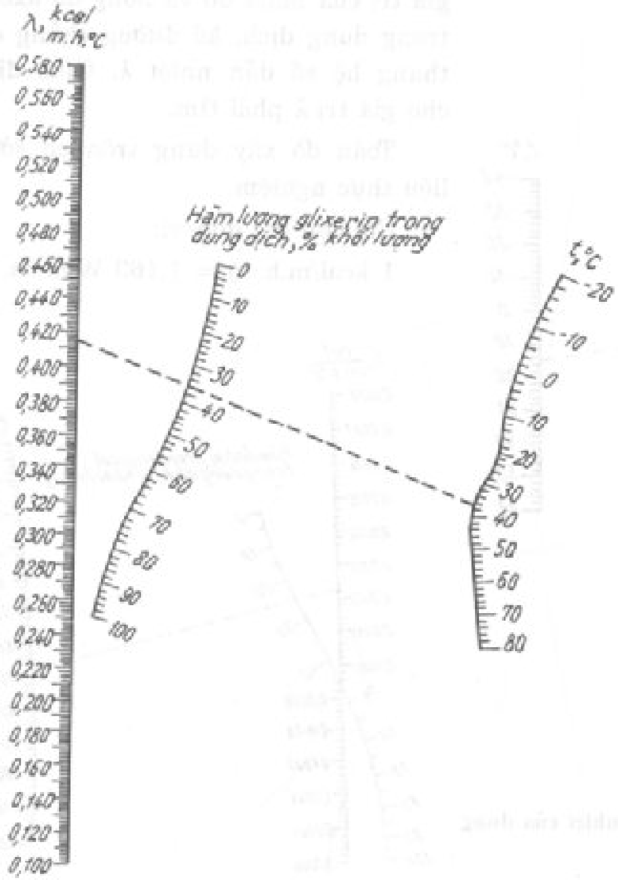
Hình I.48. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của dung dịch monoetanolamin trong nước [49.165]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị nhiệt độ và nồng độ của amin trong dung dịch, kẻ đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số dẫn nhiệt λ.

Giao điểm cho giá trị λ phải tìm (h. I.48).

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị : 1 kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ (h.I.48)



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và nồng độ glixerin trong dung dịch, kẻ đường thẳng đến thang hệ số dẫn nhiệt λ. Giao điểm cho giá trị λ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị :

1 kcal/m.h.độ = 1,163 W/m.độ.

Hình I.49. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của dung dịch glixerin-nước [49.167]**

Bảng I.134. **Hệ số dẫn nhiệt của một số chất khí ở nhiệt độ khác nhau ($\lambda.10^2$, W/m.độ) [37.929]**

Khí	Nhiệt độ, °C										
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Cacbon dioxit CO_2	0,1375	0,214	0,289	0,3667	0,443	0,513	0,579	0,646	0,707	0,767	0,822
Cacbon oxit CO	0,2154	0,275	0,329	0,3840	0,441	0,496	0,55	0,603	0,664	0,698	0,742
Etan	0,1805	0,310	0,467	0,640	0,830	1,025	1,215	1,406	1,585	-	-
Etilen	1,1645	0,2955	0,441	0,595	0,758	0,923	1,084	1,195	1,350	-	-
Hidro	1,74	2,162	2,58	3,00	3,42	3,84	4,27	4,68	5,1	5,52	5,94
Không khí khô	0,2445	0,321	0,394	0,46	0,521	0,574	0,623	0,671	0,721	0,763	0,806
Metan	0,294	0,481	0,701	0,929	1,182	1,473	1,725	1,970	2,205	2,500	2,77
Nitơ	0,243	0,315	0,3855	0,449	0,508	0,568	0,604	0,643	0,675	0,701	0,725
Oxi	0,247	0,325	0,407	0,48	0,55	0,615	0,674	0,728	0,778	0,822	0,858

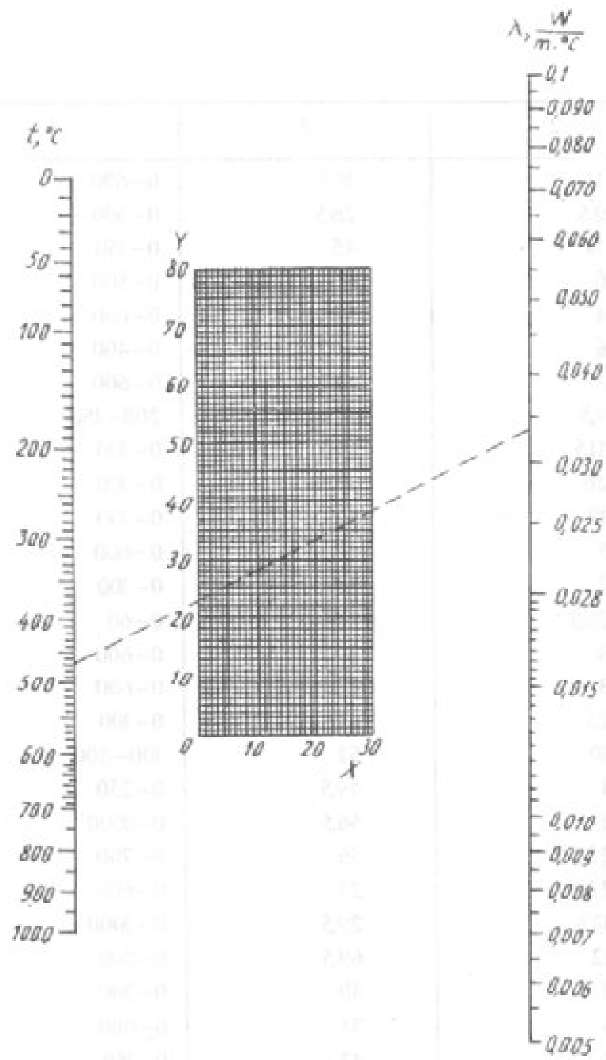
Bảng I.135. **Hệ số dẫn nhiệt của các khí và hơi[1][37.927]**

Khí bay hơi	Công thức	t, °C	$\lambda.10^2$, W/m.độ
1	2	3	4
	Các đơn chất và hợp chất vô cơ		
Agon	Ar	– 182,6	1,42
		0	3,88
Amoniac	NH_3	–57,6	3,82
		0	5,135
		100	7,09
Cacbon dioxit	CO_2	–78,5	2,546
		0	3,28
Cacbon disunfua	CS_2	0	1,615
Cacbon oxit	CO	– 191	1,65
		0	5,14
Cacbon tetraclorua	CCl_4	46	1,666
		100	2,048
		184	2,599
Clo	Cl_2	0	1,829
Đihidro sunfua	H_2S	0	3,045
Đinitơ oxit	N_2O	–71,8	2,710
		100	5,06
Hêli	He	–252,2	5,18
		– 191,7	14,84
		0	33,60
		100	39,85
Hiđro	H_2	–252,2	3,22
		–78,4	30,65
		0	41,60
Lưu huỳnh đioxit	SO_2	0	1,950
Neon	Ne	– 181,4	4,99
		–74,4	8,79
		0	10,87
Nitơ	N_2	– 191,4	1,829
		–78,4	4,305
		0	5,80
Nitơ đioxit	NO_2	55	8,88
Nitơ oxit	NO	–71,4	4,160
		0	5,55
Oxi	O_2	191,4	1,721
		78,4	4,292
		0	5,89
Thủy ngân	Hg	203	1,846

Tiếp bảng I.135

1	2	3	4
Các hợp chất hữu cơ			
Axetilen	C_2H_2	0	4,40
Axeton	$(CH_3)_2CO$	100	3,96
		184	5,90
Benzen	C_6H_6	100	4,144
		212,5	7,08
Butylamin	$C_4H_9NH_2$	6,5	3,003
Clorofom	$CHCl_3$	0	1,523
		100	2,333
		184	3,103
Etan	CH_3CH_3	−70,4	2,727
		0	4,306
Ete etyl	$(C_2H_5)_2O$	0	3,101
		100	5,278
		212,5	8,400
Etylaxetat	$CH_3COOC_2H_5$	46	2,88
		100	3,862
		184	5,69
Etilen	C_2H_4	−71,1	2,572
Hexan	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	0	3,92
Heptan	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	100	4,136
Izopentan	$(CH_3)_2CHCH_2CH_3$	0	2,912
		100	5,105
		184	7,52
Metan	CH_4	−181,6	2,248
		−75,6	4,940
		0	7,02
Metyl bromua	CH_3Br	4,6	1,74
Metyl clorua	CH_3Cl	0	2,216
		100	3,841
		212,5	6,113
Metyl iodua	CH_3I	0	1,098
		100	1,804
Pentan	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	20	3,267
Rượu etylic	CH_3CH_2OH	20	3,583
		100	4,98
Rượu metylic	CH_3OH	0	3,357

Chú thích: 1) hệ số dẫn nhiệt λ của các chất khí hay hơi cho trong bảng trên đúng với $p = 1$ at hay trong khu vực khi λ không phụ thuộc áp suất.



Cách dùng. Qua điểm xác định bởi tọa độ X và Y đối với chất đã cho (xem bảng dưới đây), kẻ một đường thẳng từ giá trị nhiệt độ trên thang bên trái rồi kéo dài đến thang hệ số dẫn nhiệt bên phải. Giao điểm cho giá trị λ phải tìm.

Hình I.50. **Toán đồ để xác định hệ số dẫn nhiệt của các chất khí và hơi ở áp suất khí quyển [49.151]**

Bảng dùng cho toán đồ hình I.50

Tên chất	Tọa độ X	Tọa độ Y	Giới hạn nhiệt độ, °C
1	2	3	4
Agon	24	41	0–500
Amoniac	8	61	0–1000
Axetilen	9	57	0–100
Axeton	4	45	0–600
Benzen	1,5	46,5	0–600
Butan	4	52,5	0–600
Cacbon đioxit CO_2	12,5	48	50–600
Cacbon oxit CO	24	54	0–100

Bảng dùng cho toán đồ hình I.50

1	2	3	4
Cacbon tetraclorua	14	18,5	0–600
Clorofom	9,5	26,5	0–500
Đinitơ oxit N_2O	14	45	0–150
Etan	6	60	0–500
Ete dietyl	4	52	0–600
Etilen	6	57	0–400
Etyl axetat	3	45	0–600
Freon-11	9,5	32,5	200–150
Freon-12	11,5	35,5	0–100
Freon-21	26	17	0–100
Freon-22	12	37	0–100
Freon-40	5	42	0–600
Freon-113	7	34	0–100
Heli	26,5	34,5	0–60
Hexan	3	49	0–600
Heptan	3	48	0–600
Hiđro	25	43	0–100
Hơi nước	10	51	100–800
Izopentan	4	49,5	0–250
Khói (11% H_2O, 13% CO_2)	19	56,5	0–1000
Không khí	22,5	56	0–700
Kripton	22,5	21	0–600
Lưu huỳnh đioxit SO_2	13,5	29,5	0–1000
Metan	12	69,5	0–500
Metilen clorua	8	30	0–300
Metyl bromua	6	31	0–600
Metyl iodua	4	43	0–150
Neon	27	77,5	0–600
Nitơ	23,5	56	0–500
Nitơ oxit NO	20	57,5	0–300
Octan	3	46	0–600
Oxi	22	57,5	0–600
Pentan	4	51	0–600
Propan	5	55	0–600
Rượu butylic	4	48	0–600
Rượu etylic	4	52	0–350
Rượu metylic	6	50	0–600
Rượu propilic	2	50	0–600
Thủy ngân (hơi)	18,5	2,5	0–600
Xenon	21	4,5	0–600
Xiclohexan	2	47,5	0–500

Bảng I.136. **Hệ số dẫn nhiệt của hơi rượu etylic ở nhiệt độ và áp suất khác nhau [21.355]**

t, °C	Trên đường bão hòa	Áp suất p, at						
		1	15	25	50	75	100	150
0	129	129						
20	149	151						
40	167,5	167,5						
60	188,5	188,5						
80	217,5	209						
100	246,5	230,5						
120	277	251						
140	306	280						
160	348	303,5	356					
180	393	330	364	418				
200	447,5	351	381	418				
220	536	381	402	439	581			
240	712	406	427	461	441			
243	786	410	432	465	441	1068	1175	1262
250	-	418	439	477	552	985	1090	1230
260	-	435	461	490	544	866	1005	1185
270	-	452	477	503	553	745	896	1045
280	-	469	490	510	561	670	812	1115
290	-	485	519	528	570	653	770	1067
300	-	500	527	549	581	657	748	1032
310	-	518	544	565	603	782	732	1005
320	-	535	557	578	620	678	737	971
330	-	552	573	594	635	691	740	950
340	-	570	594	612	649	704	745	934
350	-	586	602	628	670	720	761	917

Bảng I.137. **Hệ số dẫn nhiệt của không khí phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất ($\lambda.10^4$, W/m.độ) [21.342]**

Áp suất p, at	Nhiệt độ, °C		
	20	100	180
1	257	306	362
100	278	308	365
200	381,5	376	408
300	454	432	767
400	505	471	486

Bảng I.138. **Hệ số dẫn nhiệt của hiđro phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất ($\lambda.10^4$, W/m.độ) [21.342]**

Áp suất p, at	Nhiệt độ, °C			
	15	100	200	300
1	1754	2110	2520	2930
100	1805	2140	2540	2941
200	1866	2182	2570	2968
300	1910	2205	2585	2980
400	1920	2220	2600	2987
500	1930	2227	2605	2990

Bảng I.139. **Hệ số dẫn nhiệt của nitơ phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất ($\lambda.10^4$, W/m.độ) [21.342]**

Nhiệt độ, °C	Áp suất, at					
	1	100	200	300	400	500
15	251	282,6	365	435	472	534
25	264	326,5	408	498	576	646
50	271	329,0	407	481	551	622
75	294,3	339,2	407	473	538	602
100	308,2	319,0	379	439	471	629
200	368,5	375,5	412	456	481	532
300	431,0	434,0	459	494	516	560

Bảng I.140. **Hệ số dẫn nhiệt của oxi phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất ($\lambda.10^4$, W/m.độ) [21.376]**

Nhiệt độ, °C	Áp suất, at					
	1	20	40	60	80	100
–200	65,1	1720,0	1720,0	1720,0	1730,0	1745
–180	83,7	1465,0	1465,0	1490,0	1485,0	1485
–160	102,3	1255,0	1195,0 953,0	1233,0 976,0	1245,0	1255
–140	121,0	153,5	223,0 208,0	616,0 269,5	1000,0	1010
–120	139,5	164,0	214,0 225,5	246,5 248,6	662,0 356,0	708
–100	158,0	175,5	238,4 251,0	258,0 266,5	289,3 279,0	462
–80	176,5	190,5	267,0 280,0	279,0 293,0	282,5 288,2	349
–60	195,3	207,0	296,2	305,5	296,2 308,0	316
–40	213,0	224,5			321	307
–20	230,0	239,5				309
0	246,5	254,5				314
20	261,5	269,5				324
40	277,0	286,0				335

§4. Nhiệt dung riêng

1. Nhiệt dung C của một vật (hay một hệ) là một đại lượng được xác định bằng tỉ số giữa nhiệt lượng ΔQ truyền cho vật với khoảng biến thiên nhiệt độ của vật ΔT nhân với một hệ số tỉ lệ k phụ thuộc các đơn vị dùng.

$$C = k(\Delta Q)/\Delta T. \qquad (I.38)$$

a) Đơn vị nhất quán được xác định từ (I.38) với $k = 1$, $Q = 1J$, $T = 1$ độ, khi đó $C = 1J/1$ độ $= 1$(J/độ). Ta gọi đơn vị chính này là *jun trên độ*. Vậy: "Jun trên độ là nhiệt dung của một hệ cần nhiệt lượng 1 jun để tăng lên 1 độ".

Thứ nguyên:

- của nhiệt dung: $[C] = \dfrac{[Q]}{[T]} = \dfrac{(L^2MT^{-2})}{\theta} = L^2MT^{-2}\theta^{-1}$;

- của jun trên độ: $[J/\text{độ}] = \text{m}^2\text{kgs}^{-2}\text{độ}^{-1}$.

b) Đơn vị phụ: nếu ΔQ tính bằng calo hay kilôcalo, ta có thể dùng các đơn vị phụ calo/độ hay kcal/độ.

2. Nhiệt dung riêng c của một vật là nhiệt dung của một đơn vị khối lượng vật đó và phụ thuộc vào chất liệu của vật:

$$c = k(C/m) \qquad (I.39)$$

a) Đơn vị nhất quán được xác định từ (I.39) với $k = 1$J/độ, $m = 1$kg khi đó $c = (1\text{J/độ})/1 \text{ kg} = 1$(J/độ kg). Ta gọi đơn vị chính này là *jun trên kilôgam độ*. Vậy "Jun trên kilôgam độ là nhiệt dung riêng của một hệ có khối lượng 1 kilôgam và nhiệt dung 1 jun trên độ". Thứ nguyên:

- của nhiệt dung riêng:

$$[c] = \frac{[C]}{[m]} = \frac{L^2MT^{-2}\theta^{-1}}{M} = L^2M^oT^{-2}\theta^{-1} = L^2T^{-2}\theta^{-1};$$

- của jun trên kilôgam độ $[\text{J/kg.độ}] = \text{m}^2\text{kg}^o\text{s}^{-2}\text{độ}^{-1} = \text{m}^2\text{s}^{-2}\text{độ}^{-1}$.

b) Đơn vị phụ: nếu nhiệt dung tính bằng kilôcalo trên độ thì nhiệt dung riêng có thể tính bằng đơn vị phụ kcal/kg.độ.

$$1 \text{ kcal/kg.độ} = 4{,}1868.10^2\text{J/kg.độ}.$$

Chú ý: trong nhiều tài liệu nước ngoài cho nhiệt dung riêng c theo 1 cal/g.độ = 1 kcal/kg.độ hoặc theo nhiệt dung riêng phân tử (J/mol.độ hay J/kmol.độ).

Đối với các chất lỏng và chất rắn nhiệt dung riêng thay đổi với nhiệt độ một cách khá phức tạp. Đối với các chất khí, cần phân biệt nhiệt dung riêng đẳng áp c_p và nhiệt dung riêng đẳng tích c_v.

3. Nhiệt dung riêng đẳng áp c_p là nhiệt dung riêng áp dụng cho quá trình đốt nóng khi ở điều kiện áp suất không đổi, khi đó một phần nhiệt lượng chuyển thành công giãn nở thể tích chất khí và một phần để làm tăng nội năng của nó.

Nhiệt dung riêng đẳng tích c_v là nhiệt dung riêng áp dụng cho quá trình đốt nóng khí ở điều kiện thể tích không đổi khi đó toàn bộ nhiệt lượng được chuyển vào làm tăng nội năng của khí. Do đó c_p luôn lớn hơn c_v và đối với các chất rắn hay chất lỏng hiệu số giữa các c_p và c_v nhỏ, còn đối các chất khí thì hiệu số này lớn. Đối với các khí lý tưởng:

$$c_p - c_v = R; \qquad (I.40)$$

trong đó R - hằng số khí.

Nhiệt dung riêng của các chất được xác định bằng thực nghiệm. Khi không có số liệu thực nghiệm thì có thể tính theo các công thức sau đây.

4. Nhiệt dung riêng của hợp chất hóa học [40.615]

$$Mc = n_1c_1 + n_2c_2 + n_3c_3 + ... ; \qquad (I.41)$$

trong đó M - khối lượng mol của hợp chất; c - nhiệt dung riêng của hợp chất hóa học, J/kg độ; n_1, n_2, n_3... - số nguyên tử của các nguyên tố trong hợp chất; c_1, c_2, c_3... - nhiệt dung nguyên tử của các nguyên tố tương ứng, J/kg nguyên tử.độ (bảng I.141).

Bảng I.141. **Nhiệt dung nguyên tử của các nguyên tố (J/kg nguyên tử.độ)**

Nguyên tố	Trạng thái của hợp chất		Nguyên tố	Trạng thái của hợp chất	
	rắn	lỏng		rắn	lỏng
B	11300	19700	F	22600	31000
C	7500	11700	S	22600	31000
F	20900	29300	Si	15900	24300
H	9630	18000	Các nguyên tố khác	26000	33500
O	16800	25100			

5. Đối với hợp kim, xỉ, thủy tinh dung dịch, khi không có số liệu thực nghiệm có thể tính nhiệt dung riêng theo công thức chung sau đây:

$$c = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + ...; \qquad (I.42)$$

trong đó c_1, c_2, c_3... - nhiệt dung riêng của các cấu tử, J/kg.độ; x_1, x_2, x_3... - thành phần của các cấu tử, phần khối lượng.

6. Đối với các dung dịch nước chỉ gồm hai cấu tử (nước và chất hòa tan): công thức trên có thể viết dưới dạng như sau

a) Đối với dung dịch loãng ($x < 0,2$):

$$c = 4186(1-x), \text{ J/kg.độ}. \qquad (I.43)$$

b) Đối với dung dịch đậm đặc ($x > 0,2$):

$$c = c_{ht}x + 4186(1-x), \text{ J/kg.độ}; \qquad (I.44)$$

trong đó x - nồng độ chất hòa tan, phần khối lượng; c_{ht} - nhiệt dung riêng của chất hòa tan khan (không chứa nước), J/kg.độ.

7. Nhiệt dung riêng phân tử của hỗn hợp khí [45.112]:

$$c = c_1x_1 + c_2x_2 + ...; \qquad (I.45)$$

trong đó c_1, c_2... - nhiệt dung riêng phân tử của các cấu tử thành phần, J/mol.độ; x_1, x_2... - thành phần của các cấu tử khí, phần mol.

8. Nhiệt dung riêng của dầu mỏ có thể tính theo phương trình sau (với sai số là 4%):

$$c = \frac{1625 + 1,886\,(9/5t + 32)}{(d_t^t)^{0,5}}, \text{ J/kg.độ}; \qquad (I.46)$$

trong đó d_t^t - khối lượng riêng tương đối của chất lỏng ở 15,6°C (so với của nước ở cùng nhiệt độ); t - nhiệt độ của chất lỏng.

Giới hạn áp dụng được phương trình này là: $0°C < t < 205°C$ và $0,75 < d_t^t < 0,96$.

9. Nhiệt dung riêng của hơi dầu mỏ có thể tính theo công thức sau (với sai số trung bình là 2%):

$$c = 0,65\ (4 - d_t^t)(9/5t + 702),\ J/kg.độ. \qquad (I.47)$$

Giới hạn áp dụng được phương trình: $t_M < t < 350°C$ và $0,68 < 0,9$. Ở đây t_M - nhiệt độ điểm sương.

10. Nhiệt dung riêng của than đá và than chứa bitum (nhựa đường) có thể tính theo công thức:

$$c = 837 + 3,7t + 625x,\ J/kg.độ; \qquad (I.48)$$

trong đó t - nhiệt độ của than, °C; x - thành phần chất bốc, phần khối lượng.

11. Nhiệt dung riêng của một số chất rắn như cát, xi măng, đá đã nghiền:

$$c = 753,5 + 0,25\ (9/5t + 32),\ J/kg.độ; \qquad (I.49)$$

trong đó t - nhiệt độ của chất rắn, °C.

12. Nhiệt dung riêng của dung dịch đường:

$$c = 4190 - (2514 - 7,542t)\ x,\ J/kg.độ; \qquad (I.50)$$

trong đó t - nhiệt độ của dung dịch, °C; x - nồng độ của dung dịch, phần khối lượng.

Dưới đây là các bảng và toán đồ để tra cứu số liệu thực nghiệm về nhiệt dung riêng của các chất thông thường.

Bảng I.142. **Nhiệt dung riêng của các đơn chất và hợp chất vô cơ ở nhiệt độ cao hơn 0°C ($c_p.10^{-3}$, J/kg.độ) [37.744]**

Trong bảng dưới đây cho biết các hệ số của phương trình $c_p = a + bT - cT^{-2}$ (T là nhiệt độ tuyệt đối, °K) cho biết khoảng nhiệt độ có thể áp dụng được phương trình cũng như sai số khi tính theo phương trình.

Tên chất	Trạng thái	$a.10^1$	$b.10^4$	$c.10^{-4}$	Sai số, %	Khoảng nhiệt độ, °C
1	2	3	4	5	6	7
Ag	Rắn (R)	5,33	1,173	0,056	0,5	0–961
	Lỏng (L)	7,6	-	-	3	961–1300
AgBr	R	4,57	7,50	-	5–7	0–430
	L	7,94	-	-	5	430–563
AgCl	R	6,70	6,48	-	2	0–455
	L	9,80	-	-	5	455–533
AgI	R	3,65	6,0	-	5–7	0–150

Tiếp bảng I.142

1	2	3	4	5	6	7
$AgNO_3$	R(α)	11,10	9,42	-	2	0–160
	R(β)	15,15	-	-	5	160–209
	L	17,8	-	-	5	209–268
Ag_2S	R(α)	5,33	6,79	-	2	5–175
	R(β)	7,87	1,37	-	2	175–572
Al	R	17,8	11,9	-	1	0–658,6
	L	26,0	-	-	5	658,6–1000
$AlBr_3$	R	7,02	6,99	-	3	0–97,5
	L	11,05	-	-	5	97,5–134
$AlCl_3$	R	9,93	21,00	-	3	0–192,5
	L	23,4	-	-	3	192,5–231
Al_2F_6	R	18,4	13,2	-	3	0–927
AlI_3	R	4,14	5,56	-	3	0–191
Al_2O_3	R	25,78	4,15	7,26	1	0–1500
Al_2SiO_5 (andaluzit)	R	27,15	1,187	6,71	3	0–1300
Al_2SiO_5 (đixten)	R	25,80	3,260	7,48	2	0–1400
Al_2SiO_5 (silimanit)	R	25,17	2,945	6,13	3	0–1300
Ar	Khí(K)	1,24	-	-	0	Tất cả các nhiệt độ trên 0°C
As	R	6,91	3,12	-	5	0–895
Au	R	2,88	0,640	-	1	0–1063
	L	3,55	-	-	5	1063–1300
B	R	14,2	40,6	-	5	0–900
BN	R	12,97	32,2	-	5	0–900
$BaCO_3$	R	10,13	4,68	-	3	0–810
BaF_2	R	9,70	2,28	-	5	0–1000
$BaSO_4$	R	9,03	6,01	-	5	0–1050
Be	R	52,03	17,23	13,41	1	0–900
BeO	R	33,4	14,02	12,04	5	0–902
Bi	R	2,63	1,17	-	1	0–271
	L	3,64	-	-	5	0–271–1000
Bi_2O_3	R	4,99	2,37	-	2	0–504
Br_2	K	5,56	0,103	0,178	0,5	27–1327
C (kim cương)	R	17,60	35,51	10,86	3	0–1040
C (grafit)	R	22,30	21,80	9,73	2	0–1100
CO	K	23,60	4,29	-	2	0–2200
CO_2	K	23,49	6,00	4,439	1,5	0–900
Ca	R(α)	13,23	8,32	-	2	0–400
	R(β)	15,69	3,49	-	2	400–600
$CaCO_3$	R	19,68	11,89	3,076	3	0–760
CaF_2	R	22,20	4,93	3,14	5	0–1217
CaO	R	21,14	1,368	2,933	2	0–1500
CaO. Al_2O_3. $2SiO_2$ (thủy tinh)	R	24,21	3,77	6,78	1	0–700
CaO.MgO.SiO_2 (thủy tinh)	R	32,88	6,184	8,30	1	0–700
$CaSiO_3$ (volactonit)	R	24,05	1,768	6,413	1	0–1300
$CaSiO_3$ (giả volactonit)	R	22,00	3,560	4,203	1	0–1400

Tiếp bảng I.142

1	2	4	5	6	7
$CaSiO_3$(thủy tinh)	R	19,90	8,318	1	0–700
$Ca_3(PO_4)_3$	R(α)	15,66	13,11	2	0–1100
	R(β)	27,07	-	5	1100–1298
$CaSO_4$	R	13,60	16,12	5	0–1100
Cd	R	4,36	2,191	1	0–321
	L	6,34	-	5	321–700
$CdCl_2$	R	9,98	2,325	3	0–598
Cl_2	K	12,38	0,353	1	0–1200
Co	R	8,70	5,66	5	0–1490
Cr	R	9,31	5,67	5	0–1550
Cu	R	9,24	1,572	1	0–1084
	L	11,78	-	3	1084–1300
$CuCl_2$	R	12,50	6,32	5	0–500
CuO	R	13,57	4,16	2	0–977
Cu_2S	R(α)	5,90	19,6	3	0–103
	R(β)	13,14	-	2	103–900
$CuSO_4$	R	16,14	2,70	5	0–600
F_2	K	23,54	0,79	1,5	0–1700
Fe	R(α)	7,39	11,45	3	0–777
	R(β)	20,60	21,47	2	777–908
	R(γ)	12,53	7,16	2	908–1401
	R(δ)	19,70	-	5	1401–1530
	R	17,55	2,078	2	0–900
FeO	R	15,46	10,05	2	0–824
Fe_2O_3	R	17,80	8,14	2	0–792
Fe_3O_4	R	6,37	3,12	5	0–440
Ge	K	330	34,2	1,5	0–3200
H_2	K	8,11	1,37	1	0–1700
HBr	K	37,53	7,70	1	0–1500
HCN	K	18,05	2,687	1,5	0–1700
HCl	K	33,1	3,50	2	0–1700
HF	K	5,13	0,939	1	0–1200
HI	L	101	-	0,5	0–100
H_2O	K	40,0	15,0	1	100–1700
	K	20,35	11,00	1	0–1000
H_2S	K	124,3	-	0	Tất cả các nhiệt độ trên 0°C
He					
	L	3,29	-	1	0-357
Hg	K	2,47	-	0	Tất cả các nhiệt độ trên 0°C
	R	4,91	2,72	1	0–232,3
In	R	2,85	0,766	1	0–1600
Ir	R	4,09	6,76	5	0–950
IrO_2	R	2,22	0,181	2	–73–113,6
I_2	L	3,85	-	2	113,6–160
	K	3,55	-	2	0–1200

Tiếp bảng 1.142

1	2	3	4	5	6	7
K	R	13,4	14,2	-	5	0–63,5
KBr	R	9,65	3,03	-	2	0–270
KCl	R	16,97	1,81	0,90	2	0–777
$K_2Cr_2O_7$	R	14,53	13,9	-	5	0,398
KF	R	21,47	18,79	2,050	2	0-857
Kr	K	5,94	-	-	0	Tất cả các nhiệt độ trên 0^oC
Li	R	47,5	118,2	-	2	0– 186
Li_3N	R	33,3	66,5	-	2	0–500
$LiNO_3$	R	13,33	5,23	-	5	0,250
Mg	R	25,53	5,48	2,792	4	0–650
$MgCl_2$	R	17,31	5,61	-	2	0–718
MgF_2	R	19,27	13,65	-	5	0– 1000
MgO	R	26,95	2,973	5,175	2	0– 1800
Mn	R(α)	6,85	13,66	-	5	1–835
	R(β)	9,22	7,20	-	5	835– 1044
	R(γ)	8,75	7,69	-	5	1044–1220
Mo	R	6,06	1,20	3,62	2	0– 1550
N_2	K	23,80	3,58	-	2	0–2200
NH_3	K	41,9	35,8	2,34	1	0– 1100
NH_4Cl	R(α)	18,70	70,2	-	5	0– 184,5
	R(β)	9,54	64,9	-	5	184,5–250
NO	K	22,3	4,47	-	1	0– 1200
NO_2	K	23,47	5,98	4,91	1	0– 1200
Na	R	21,8	23,3	-	1,5	0–98
NaBr	R	11,42	2,267	-	2	0–250
NaCl	R	20,40	4,54	0,89	2	0–800
$NaClO_3$	R	8,99	44,3	-	3	0–275
NaF	R	23,22	10,47	-	3	0–992
$NaNO_3$	R	5,36	6,82	-	5	0–310
Nb	R	6,13	1,014	-	1	0– 1534
Ne	K	24,7	-	-	0	Tất cả các nhiệt độ trên 0^oC
Ni	R(α)	7,26	10,90	-	2	0-351
	R(β)	11,90	1,504	-	5	351– 1452
O_2	K	23,5	2,535	2,817	1	0– 1700
Os	R	2,990	0,460	-	1	0– 1604
P(vàng)	R	17,76	-	-	5	0–44
P(đỏ)	R	0,678	58,1	-	10	0– 199
P	L	21,33	-	-	10	44– 100
P_4O_{10}	R	5,54	38,5	-	2	0–358
	K	25,9	-	-	3	358– 1098
Pb	R	2,767	1,04	-	0,5	0–327,4
	L	3,285	-	-	5	327,4– 1000
$PbBr_2$	R	4,99	0,845	-	2	0–488
$PbCl_2$	R	5,72	3,003	-	2	0–438

Tiếp bảng I.142

1	2	3	4	5	6	7
PbI_2	R	4,05	0,636	-	2	0–375
PbO	R	4,68	1,427	-	2	0–271
PbS	R	4,45	1,677	-	3	0–600
Pd	R	5,50	1,25	-	1	0–1554,5
PdO	R	2,69	11,58	-	5	0–730
Pt	R	3,03	0,595	-	1	0–1600
Rb	R	3,83	15,3	-	2	0–39
Re	R	3,07	0,602	-	2	0–1200
Rh	R	5,25	2,13	-	2	0–1604
Ru	R(α)	5,01	1,69	-	1	0–1035
	R(β)	4,70	1,69	-	1	1035–1500
	R(γ)	5,35	1,00	-	1	1500–1604
S(hình thoi)	R	11,20	19,5	-	1	0–95,5
S(đơn tà)	R	11,12	21,75	-	1	95,5–119
S	K	13,50	0,405	1,31	1	0–1700
SO_2	K	17,78	2,671	3,183	2	0–1700
SO_3	K	15,81	8,00 1,46	-	5	0–627
Sb	R	4,53	-	-	2	0,630
	L	5,88	6,79	-	5	630–1000
Se	R	5,74	- 2,207	-	2	0–217
	L	10,60	14,52	-	3	217–497
Si	R	20,5	5,00	3,61	2	0–900
SiO_2(thạch anh)	R	18,12	4,05	4,020	1	0–575
	R	22,50	- 0,456	-	3,5	575–1600
Sn	R	4,25	1,91	-	2	0–231,8
	L	5,56	-	-	10	231,8–1000
Ta	R	3,20	-	-	1	0–1400
Te	R	4,08	2,38	-	3	0–327
$TeCl_4$	R	12,3	9,44 1,28	-	2	25–224
	L	20,4	-	-	2	224–265
Ti	R	18,62	- 0,352	9,05	3	0–440
TiO_2	R	14,80	0,368	0,521	3	0–440
Tl	R	2,73	4,11	-	1	0–232,3
	R	3,51	0,472	-	3	232,3–302,1
	L	3,295	-	-	3	302,1–354
TlBr	R	4,41		-	10	0–460
TlCl	R	5,24		-	5	0–427
V	R	10,62	4,13	0,299	1,5	0–1553
W	R	3,08	0,841	-	1	0–1800
Xe	K	3,78	1,405 0,975	-	0	Tất cả các nhiệt độ trên 0^oC
Zn	R	8,04		-	1	0–419,5
	L	11,60		-	3	419,5–850
ZnO	R	14,00		2,242	1	0–1300
ZnS	R	13,24		1,996	5	0-900

Bảng 1.143. **Nhiệt dung riêng của các đơn chất và hợp chất vô cơ ở nhiệt độ thấp 10 - 298,15°K (c_p, kcal/kg.độ) [37.741]**

Chuyển đổi đơn vị: 1 kcal/kg.độ = $4,1868.10^3$ J/kg.độ

Tên chất	Nhiệt độ, °K						
	10	25	50	100	150	200	298,15
1	2	3	4	5	6	7	8
Ag	0,0005	0,0046	0,0257	0,0447	0,0509	0,0537	0,0565
AgBr	0,0030	0,0198	0,0427	0,0580	0,0621	0,0615	0,0667
Ag_2CO_3	0,0018	0,0143	0,0370	0,0615	0,0752	0,0849	0,0974
AgCl	0,00282	0,0206	0,0460	0,0698	0,0782	0,0828	0,0847
Ag_2CrO_3	0,00334	0,0182	0,0387	0,0636	0,0792	0,0901	0,1024
AgI	0,00621	0,0174	0,0321	0,0465	0,0509	0,0531	0,0554
$AgIO_3$	0,0016	0,0119	0,0303	0,0539	0,0685	0,0784	0,0888
$AgNO_2$	0,0042	0,0225	0,0502	0,0838	0,1003	0,1113	0,1243
$AgNO_3$	0,0033	0,0212	0,0504	0,0794	0,1001	0,1122	0,1320
Ag_2O	0,00466	0,0227	0,0365	0,0468	0,0538	0,0602	0,0680
Ag_2SO_4	0,0028	0,0180	0,0405	0,0634	0,0760	0,0863	0,1007
Al	0,0004	0,00426	0,0341	0,115	0,165	0,191	0,216
Al_2O_3	0,0001	0,0005	0,0044	0,0316	0,0785	0,1216	0,1851
Ar	0,018	0,0938	0,155	$0,124_K$	$0,124_K$	$0,124_K$	$0,124_K$
As	0,0004	0,0047	0,0251	0,0532	0,0660	0,0725	0,0786
As_2O_3	0,0013	0,0109	0,0242	0,0491	0,0736	0,0923	0,1149
As_2O_5	0,0001	0,0022	0,0114	0,0411	0,0690	0,0908	0,1214
Au	0,00061	0,00624	0,0174	0,0258	0,0288	0,0298	0,0306
B_4C	<0,0001	< 0,0001	0,0018	0,0221	0,0636	0,119	0,2273
BF_3	0,011	0,0582	0,1256	0,1879	$0,3634_L$	$0,1481_K$	$0,1782_K$
$Ba(BrO_3)_2.H_2O$	0,0016	0,0129	0,0367	0,0695	0,09175	0,1070	0,1287
$BaCO_3$	0,00066	0,00821	0,0274	0,0611	0,0777	0,0883	0,1032
$BaCl_2.2H_2O$	0,0015	0,0130	0,0417	0,0870	0,1117	0,1295	0,1518
BaF_2	0,0005	0,00621	0,0246	0,0603	0,0796	0,0900	0,0971
$Ba(NO_3)_2$	0,0017	0,0154	0,0471	0,0872	0,1049	0,1172	0,1382
$BaSO_4$	0,00073	0,00850	0,0308	0,0591	0,0743	0,0910	0,1046
Be	< 0,0005	0,001	0,006	0,045	0,140	0,264	0,473
BeO	< 0,0002	0,0008	0,004	0,028	0,076	0,137	0,243
Bi	0,0025	0,0111	0,0204	0,0261	0,0279	0,0286	0,0292
Bi_2O_3	0,0011	0,00633	0,0156	0,0323	0,0418	0,0496	0,0582
Br	0,0093	0,0515	0,118	0,1314	0,1469	0,1609	$0,11_L$
C (kim cương)	< 0,0005	< 0,0005	0,0005	0,005	0,021	0,048	0,121
C (grafit)	< 0,0005	0,003	0,0092	0,033	0,063	0,100	0,172
$(CN)_2$	0,0056	0,0521	0,135	0,2200	0,2781	0,3372	$0,250_K$
CO	0,028	0,195	0,370	$0,249_K$	$0,249_K$	0,249K	$0,249_K$
CO_2	0,0041	0,0486	0,139	0,216	0,261	0,176K	$0,202_K$
COS	0,0085	0,0635	0,126	0,2502	$0,2878_L$	$0,2822_L$	$0,160_K$
CS_2	0,0079	0,0527	0,104	0,1451	0,1751	$0,2310_L$	$0,2362_L$

Tiếp bảng I.143

1	2	3	4	5	6	7	8
Ca	0,0011	0,015	0,0650	0,116	0,137	0,148	0,157
$CaCO_3$(aragorit)	0,0004	0,0063	0,0294	0,0940	0,1346	0,1601	0,1942
$CaCO_3$(canxit)	0,0005	0,0077	0,0373	0,0935	0,1330	0,1592	0,1957
$CaC_2O_4.H_2O$	0,00075	0,00998	0,0417	0,1051	0,1526	0,1893	0,2499
CaF_2	0,001	0,0026	0,0205	0,0913	0,1418	0,1714	0,2035
CaO	< 0,0001	0,001	0,011	0,0690	0,116	0,148	0,215
$Ca_3(PO_4)_2(\alpha)$	0,00026	0,00590	0,0278	0,0676	0,1135	0,1406	0,1784
$Ca_3(PO_4)_2(\beta)$	0,00032	0,00506	0,0263	0,0667	0,1114	0,1388	0,1771
CaS	0,0003	0,0047	0,0280	0,0856	0,121	0,1400	0,1575
$CaSO_4$(anhiđrit)	0,0004	0,0046	0,0284	0,0813	0,1150	0,1404	0,1752
$CaSO_4.2H_2O$ (thạch cao)	0,00081	0,00930	0,0442	0,1110	0,1598	0,1938	0,2599
Cd	0,0020	0,0152	0,0347	0,0473	0,0510	0,0528	0,0551
CdO	0,0002	0,0040	0,0187	0,0452	0,0627	0,0731	0,0785
Cl_2	0,0045	0,0410	0,0990	0,1421	0,1791	$0,2248_L$	$0,114_K$
$CoCl_2$	0,0022	0,0290	0,0360	0,0851	0,1108	0,1265	0,1445
Cr	0,0002	0,001	0,0090	0,0460	0,0758	0,0925	0,107
$CrCl_2$	0,0049	0,0235	0,0420	0,0705	0,0884	0,0982	0,1064
$CrCl_3$	–	–	0,0311	0,0756	0,1043	0,1212	0,1359
Cr_2O_3	0,0001	0,00092	0,00724	0,0380	0,0803	0,1183	0,1898
$CsAl(SO_4)_2.12H_2O$	0,0035	0,0210	0,0570	0,110	0,153	0,195	0,261
$CsClO_4$	0,0038	0,0247	0,0530	0,0726	0,0837	0,0915	0,110
Cu	0,0002	0,0037	0,0234	0,0603	0,0767	0,0847	0,0916
CuO	0,0002	0,0035	0,0190	0,0502	0,0786	0,106	0,127
Cu_2O	0,004	0,0242	0,0456	0,0664	0,0793	0,0895	0,1025
CuS(covenlin)	0,0009	0,0132	0,0380	0,0710	0,0931	0,106	0,120
Cu_2S	0,0035	0,0192	0,0438	0,0752	0,0931	0,1033	0,1146
Fe	0,0002	0,002	0,0122	0,0504	0,0773	0,0924	0,107
Fe_3C	0,0002	0,0026	0,0178	0,0582	0,0887	0,1183	0,1410
$FeCO_3$(xiđerit)	0,0004	0,00873	0,0316	0,0827	0,1153	0,1389	0,1696
$FeCl_2$	0,0065	0,0232	0,0465	0,0953	0,1228	0,1385	0,1566
FeO	0,0003	0,0033	0,0202	0,0815	0,1392	0,1633	0,1732
Fe_2O_3	0,0003	0,0042	0,0179	0,0480	0,0842	0,1141	0,1255
Fe_3O_4	0,0003	0,0037	0,0161	0,0586	0,0967	0,1203	0,1483
FeS	0,0006	0,0083	0,0321	0,0814	0,112	0,1290	0,1486
FeS_2(perit)	0,0001	0,0007	0,006	0,0375	0,0732	0,0981	0,1237
Ga	0,0021	0,012	0,0358	0,0669	0,0786	0,0841	0,0891
$Gd_2(SO_4)_3.8H_2O$	0,00080	0,0097	0,0343	0,0789	0,113	0,1432	0,1883
Ge	0,001	0,0154	0,0416	0,0545	0,0666	0,0750	0,0859
HBr	0,0078	0,0418	0,0695	0,01280	0,1386	$0,1760_L$	$0,0869_K$
HCN	0,0044	0,0497	0,157	0,297	0,372	0,443	$0,0628_L$
HCl	0,00644	0,0583	0,125	0,260	0,313	$0,191_K$	$0,191_K$
HI	0,008	0,0315	0,0520	0,0817	0,0848	0,0894	$0,0544_K$
H_2O	–	0,041	0,105	0,211	0,292	0,374	$0,001_L$

Tiếp bảng I.143

1	2	3	4	5	6	7	8
D_2O	–	0,042	0,103	0,213	0,321	0,422	$1,038_L$
H_2S	0,0056	0,0552	0,135	0,275	0,395	$0,476_L$	$0,239_K$
HF	0,00014	0,0017	0,0218	0,0303	0,0325	0,0336	0,0344
Hg	0,0055	0,0157	0,0250	0,0294	0,0310	0,0327	$0,0331_L$
HgO	0,00088	0,00895	0,0199	0,0318	0,0387	0,0426	0,0505
Hg_2SO_4	0,0016	0,0136	0,0246	0,0381	0,0464	0,0532	0,0635
I_2	0,0037	0,0202	0,0347	0,0433	0,0468	0,0491	0,0519
K	0,013	0,0772	0,128	0,151	0,160	0,166	0,178
KBr	–	–	0,0701	0,0846	0,0932	0,0993	0,1079
$KBrO_3$	0,00153	0,0164	0,0520	0,0931	0,1150	0,1298	0,1502
KCl	0,0014	0,0174	0,0677	0,1260	0,1461	0,1554	0,1651
$KClO_3$	0,0017	0,0226	0,0724	0,1242	0,1477	0,1672	0,1970
$KClO_4$	0,0033	0,0214	0,0685	0,1129	0,1334	0,1538	0,1915
KIO_3	0,00138	0,0135	0,0409	0,0732	0,0919	0,1036	0,1190
$KMnO_4$	0,0037	0,0273	0,0657	0,1065	0,1326	0,1519	0,1778
KNO_3	0,0018	0,0206	0,0763	0,1429	0,1596	0,1889	0,2289
Kr	0,0174	0,0529	0,0718	0,0902	$0,0594_K$	$0,0598_K$	$0,0594_K$
Li	0,004	0,023	0,143	0,442	0,614	0,713	0,815
Li_2CO_3	0,0006	0,0069	0,0415	0,125	0,1990	0,2594	0,3482
LiH	< 0,0005	0,004	0,029	0,209	0,507	0,729	0,04
Mg	0,0004	0,0078	0,0580	0,155	0,202	0,221	0,235
$MgCO_3$(magiêzit)	0,0001	0,0020	0,0135	0,0704	0,1246	0,1644	0,2142
MgO	< 0,0001	0,0007	0,0055	0,0506	0,111	0,162	0,224
$Mg(OH)_2$	0,0003	0,0031	0,0202	0,0884	0,168	0,2336	0,3165
$MgSiO_3$	0,0004	0,0039	0,0201	0,0523	0,0858	0,1249	0,1930
Mn	0,0002	0,0031	0,0213	0,0650	0,0873	0,102	0,114
$MnCO_3$(rodoerozit)	0,0003	0,0052	0,0249	0,0753	0,1116	0,1360	0,1697
$MnCl_2$	0,002	0,0126	0,0420	0,0946	0,1187	0,1333	0,1508
MnO	0,0006	0,0076	0,0353	0,111	0,113	0,128	0,145
MnO_2	0,0003	0,0043	0,0223	0,0686	0,0923	0,1191	0,1572
Mn_3O_4	0,0003	0,0047	0,0243	0,0677	0,1031	0,1285	0,1574
MnSe	0,0006	0,00912	0,0378	0,0783	0,0886	0,0945	0,0912
MnTe	0,00082	0,00926	0,0300	0,0552	0,0661	0,0732	0,0954
Mo	0,0001	0,0014	0,0098	0,0333	0,0469	0,0531	0,0586
MoS_2	0,0001	0,0021	0,0116	0,0358	0,0613	0,0785	0,0949
N_2	0,0379	0,232	0,355	$0,248_K$	$0,248_K$	$0,248_K$	$0,248_K$
NH_3	0,0035	0,039	0,156	0,367	0,547	$1,032_L$	$0,499_K$
NH_4Cl	0,0095	0,012	0,0699	0,1715	0,2345	0,3120	0,3943
NO	0,0093	0,0787	0,170	0,287	$0,248_K$	$0,242_K$	$0,238_K$
N_2O	0,0052	0,0517	0,149	0,226	0,227	$0,182_K$	$0,210_K$
N_2O_4	0,0036	0,0350	0,0957	0,1581	0,1995	0,2387	$0,3695_L$
N_2O_5	–	–	–	0,0473	0,2003	0,2410	0,316
Na	0,0061	0,0626	0,167	0,235	0,258	0,272	0,296
Na_2CO_3	0,0015	0,0174	0,0582	0,1362	0,1842	0,2105	0,2493

Tiếp bảng I.143

1	2	3	4	5	6	7	8
NaCl	0,0007	0099	0,0653	0,114	0,1724	0,1897	0,2039
$NaHCO_3$	0,0006	0,0077	0,0484	0,1311	0,1767	0,2072	0,2494
$NaNO_3$	0,00135	0,0181	0,0684	0,1464	0,1861	0,2126	0,2640
Na_2SO_4	0,0005	0,00860	0,0448	0,1122	0,1510	0,1780	0,2141
$Na_2SO_4.10H_2O$	0,0022	0,0228	0,0768	0,175	0,248	0,308	0,439
Ne	0,0740	–	–	–	–	–	$0,247_K$
Ni	0,0002	0,0022	0,017	0,0552	0,0790	0,0917	0,105
$NiCl_2$	0,0019	0,0118	0,0417	0,0889	0,1153	0,1288	0,1435
NiO	0,0001	0,0015	0,0104	0,0459	0,0787	0,108	0,142
O_2	0,019	0,166	0,344	$0,217_K$	$0,217_K$	$0,217_K$	$0,217_K$
PH_3	0,0094	0,0783	0,318	0,329	$0,428_L$	$0,238_K$	$0,261_K$
PH_4I	–	–	–	0,787	0,1025	0,1179	0,1307
Pb	0,0032	0,0162	0,0247	0,0282	0,0292	0,0300	0,0309
$PbBr_2$	0,00387	0,0189	0,0410	0,0559	0,0615	0,0639	0,0667
$PbCO_3$(xerusit)	0,0022	0,0128	0,0282	0,0494	0,0602	0,0669	0,0782
$PbCl_2$	0,0028	0,0157	0,0363	0,0516	0,0585	0,0622	0,0660
PbO	0,00103	0,00875	0,0179	0,0303	0,0384	0,0441	0,0520
PbO_2	0,0003	0,00435	0,0152	0,0316	0,0437	0,0525	0,0647
Pb_3O_4	–	–	–	0,0451	0,0583	0,0676	0,0785
$Pb_3(PO_4)_2$	0,00148	0,0097	0,0247	0,0428	0,0546	0,0636	0,0754
PbS	0,0015	0,0120	0,0258	0,0394	0,0446	0,0471	0,0496
$PbSO_4$	0,0012	0,0115	0,0291	0,0482	0,0595	0,0683	0,0820
Pt	0,0003	0,0033	0,0130	0,0241	0,0283	0,0304	0,0326
$RbClO_3$	0,0018	0,0178	0,0565	0,0904	0,1112	0,1298	0,1461
S(hình thoi)	0,0031	0,027	0,0552	0,0955	0,123	0,145	0,168
S(đơn tà)	–	–	0,0552	0,0966	0,126	0,150	0,176
SF_6	0,0107	0,0485	0,0790	0,0957	0,1227	0,1709	$0,1581_K$
SO_2	0,0044	0,0426	0,115	0,1788	0,2158	$0,3140_L$	$0,150_K$
Sb	0,0005	0,0066	0,0246	0,0404	0,0456	0,0473	0,0496
Sb_2O_3	0,00079	0,00741	0,0189	0,0412	0,0576	0,0699	0,0831
Sb_2O_4	0,00085	0,00752	0,0175	0,063	0,0562	0,0656	0,0890
Sb_2O_5	0,0002	0,00318	0,0122	0,0392	0,0571	0,0703	0,0868
Se	0,0023	0,0141	0,0320	0,0552	0,0658	0,0711	0,0751
Si	< 0,0002	0,002	0,017	0,0621	0,1025	0,1336	0,169
SiC	< 0,0001	< 0,0001	0,0014	0,0255	0,0605	0,0972	0,159
SiO_2(α-thạch anh)	0,0005	0,0063	0,0230	0,0620	0,0995	0,1303	0,1770
SiO_2(critobalit)	0,0008	0,0097	0,0260	0,0633	0,1005	0,1310	0,1760
SiO_2(nóng chảy)	0,001	0,0093	0,0272	0,0643	0,0982	0,1292	0,1767
SiO_2(tridimit)	0,0008	0,0097	0,0267	0,0650	0,102	0,133	0,1777
$Sm_2(SO_4)_3.8H_2O$	0,00095	0,0105	0,0374	0,0850	0,120	0,1490	0,1977
Sn(trắng)	0,0019	0,0139	0,0310	0,0451	0,0494	0,0513	0,0531
Sn(xám)	0,0025	0,0104	0,0277	0,0394	0,0459	0,0490	0,0520
$SnCl_4$	–	–	–	0,0926	0,1101	0,1212	$0,1515_L$

Tiếp bảng 1.143

1	2	3	4	5	6	7	8
SnO	0,004	0,0045	0,0200	0,0436	0,589	0,0692	0,0787
SnO_2	0,0001	0,0017	0,0103	0,0331	0,0522	0,0670	0,0835
$SrCO_3$ (strontinit)	0,0004	0,0049	0,0266	0,0718	0,0965	0,1117	0,1318
SrO	0,0003	0,0037	0,0202	0,0558	0,0789	0,0923	0,1038
Ta	0,0003	0,0033	0,0144	0,0265	0,0303	0,0319	0,0334
TaC	0,00015	0,0019	0,0102	0,0231	0,0300	0,0362	0,0456
Ta_2O_5	0,0002	0,00274	0,0120	0,0314	0,0467	0,0581	0,0731
Te	0,0016	0,0121	0,0278	0,0405	0,0444	0,0462	0,0481
Tl(α)	0,0040	0,0157	0,0245	0,0286	0,0296	0,0302	0,0308
TlCl	0,0026	0,0180	0,0336	0,0445	0,0483	0,0504	0,0526
$TlNO_3$	0,0047	0,0192	0,0388	0,0585	0,0669	0,0739	0,0892
V	0,0002	0,0025	0,019	0,0635	0,0907	0,104	0,116
V_2O_3	0,0002	0,0023	0,0124	0,0458	0,0974	0,1287	0,1646
V_2O_4	0,0002	0,0024	0,0140	0,0531	0,0959	0,1221	0,1687
V_2O_5	0,0003	0,0043	0,0250	0,0683	0,1057	0,1328	0,1675
W	0,0001	0,0011	0,0080	0,0212	0,0272	0,0300	0,325
Xe	0,0148	0,0360	0,0456	0,0515	0,0613	0,0378	$0,0378_K$
Zn	0,0008	0,0118	0,0406	0,0702	0,0823	0,0888	0,0909
$ZnCO_3$(smitsonit)	0,0002	0,0040	0,0270	0,0655	0,0990	0,1216	0,0517
ZnO	0,0002	0,0044	0,0228	0,0521	0,0759	0,0948	0,118
ZnS	0,0005	0,0074	0,0284	0,0604	0,0846	0,0974	0,1130

Chú thích: giá trị c_p cho trong bảng đối với các chất ở thể rắn, trừ một số trường hợp ở thể lỏng (có ghi chữ L) hay thể khí (có ghi chữ K).

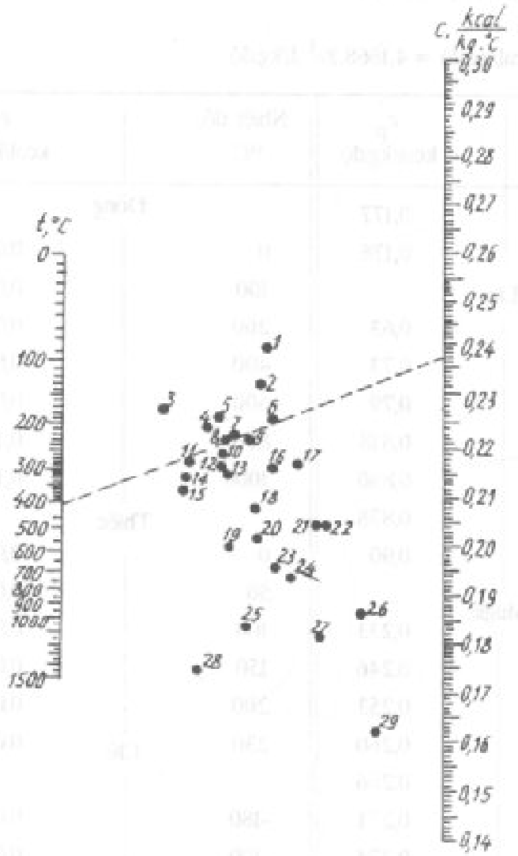
Bảng I.144. **Nhiệt dung riêng trung bình của một số vật rắn ở 0 - 100°C ($c_p.10^{-3}$, J/kg.độ) [28.569]**

Vật liệu	$c_p.10^{-3}$, J/kg.độ	Vật liệu	$c_p.10^{-3}$, J/kg.độ
Amian	0,84	Len	1,63
Bêtông	1,13	Lie (bần)	1,68
Cao lin	0,92	Naptalen	1,30
Cao su	1,68	Magiê oxit	0,92
Cát khô	0,80	Nhôm	0,92
Chất dẻo vinyl	1,76	Nước đá (băng)	2,14
Chì	0,13	Parafin	2,72
Đá vôi	0,92	Phấn	0,88
Đất sét	0,92	Sắt	0,50
Đồng	0,385	Textolit	1,47
Đồng thanh	0,385	Thạch anh	0,80
Đồng thau	0,394	Than cốc	0,84
Gạch chịu lửa	0,88-1,01	Than đá	1,30
Gạch đỏ	0,92	Thép	0,50
Gang	0,50	Thủy tinh	0,42-0,84
Gỗ (thông)	2,72	Xenlulô	1,55
Kẽm	0,38	Xi	0,75

Bảng I.145. **Nhiệt dung riêng trung bình của một số kim loại phụ thuộc vào nhiệt độ (c_p, kcal/kg.độ) [021-382]**

Chuyển đổi đơn vị: 1 kcal/kg.độ = $4,1868.10^3$ J/kg.độ

Nhiệt độ, °C	c_p, kcal/kg.độ	Nhiệt độ, °C	c_p, kcal/kg.độ	Nhiệt độ, °C	c_p, kcal/kg.độ
Nhôm		20	0,177	Đồng	
0	0,214	50	0,178	0	0,093
50	0,216	Liti		100	0,094
100	0,218	-200	0,63	200	0,095
150	0,221	-100	0,73	400	0,097
200	0,224	0	0,79	600	0,099
300	0,228	50	0,818	800	0,101
400	0,234	100	0,850	1000	0,103
500	0,238	150	0,878	Thiếc	
600	0,244	180	0,90	0	0,053
				50	0,054
Bitmut		Magiê			
0	0,0295	0	0,233	100	0,055
50	0,0298	100	0,246	150	0,056
100	0,0301	200	0,253	200	0,057
150	0,0304	300	0,260	230	0,058
200	0,0307	400	0,266	Chì	
250	0,0310	500	0,271	-180	0,0291
Sắt		600	0,274	-100	0,0294
0	0,105	Natri		0	0,0304
100	0,110	-150	0,244	100	0,0311
200	0,115	-100	0,257	200	0,0319
400	0,125	-50	0,273	300	0,0327
600	0,138	0	0,286	Vonfram	
800	0,154	20	0,288	0	0,032
900	0,159	50	0,292	200	0,0325
1000	0,163	70	0,294	400	0,0330
1200	0,162	90	0,297	600	0,0335
1400	0,162	Niken		800	0,0340
1500	0,166	0	0,102	1000	0,0345
Kali		100	0,107	1200	0,0350
−100	0,16	200	0,113	1400	0,0355
−50	0,174	400	0,122	1600	0,0360
−20	0,175	600	0,124	1800	0,0365
0	0,176	800	0,125		
		1000	0,126		



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ đã cho và số ký hiệu của vật liệu, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt dung riêng *c*. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của *c* cần tìm.

Chuyển đổi đơn vị:

1 kcal/kg.độ = $4{,}1868.10^3$ J/kg.độ.

Hình I.51. **Toán đồ để xác định nhiệt dung riêng trung bình của một số vật liệu chịu lửa [49.145]**

Vật liệu	Điểm	Giới hạn nhiệt độ, °C	Vật liệu	Điểm	Giới hạn nhiệt độ, °C
Al_2O_3	8	0–1500	Gạch zircon	29	100–1000
SiO_2	13	0–1500		26	1000–1400
Fe_2O_3	23	0–300	Kianit (Al_2SiO_5)	10	400–1200
	19	300–800	Magiêzit	4	200–500
FeO	28	0–900		5	500–1000
MgO	2	0–1500	Mulit	27	200–800
MnO	22	0–300	Quặng sắt crom	20	700–1200
	18	300–1000	Samôt (đất chịu lửa)	16	50–400
CaO	21	0–1500		15	400–1200
Corunđun (bột đá mài)	17	100–400	Silic cacbua	3	0–300
Corunđun (nhân tạo)	11	200–800		1	300–600
Đất nhôm oxit	7	100–600	Slimanit	6	500–1200
Gạch đinat	12	50–500	Spinen	9	200–1100
	14	500–1300	Vôi (nóng chảy)	24	100–700
			Zircon (loại inmenit)	25	400–1200

Bảng I.146. **Nhiệt dung riêng của một vài vật liệu cách nhiệt ở 20°C (c_p, kcal/kg.độ) [21.344]**

Chuyển đổi đơn vị: 1 kcal/kg.độ = 4,1868.10³ J/kg.độ.

Tên vật liệu	c_p, kcal/kg.độ
Amian (bìa, dây)	0,20
Amian (sợi)	0,20
Amian ximăng tấm	0,20
Bêtông bọt	0,20
Bông khoáng	0,22
Cói tấm	0,36
Nỉ (len)	0,45
Thủy tinh sợi	0,20
Tro và xỉ	0,18

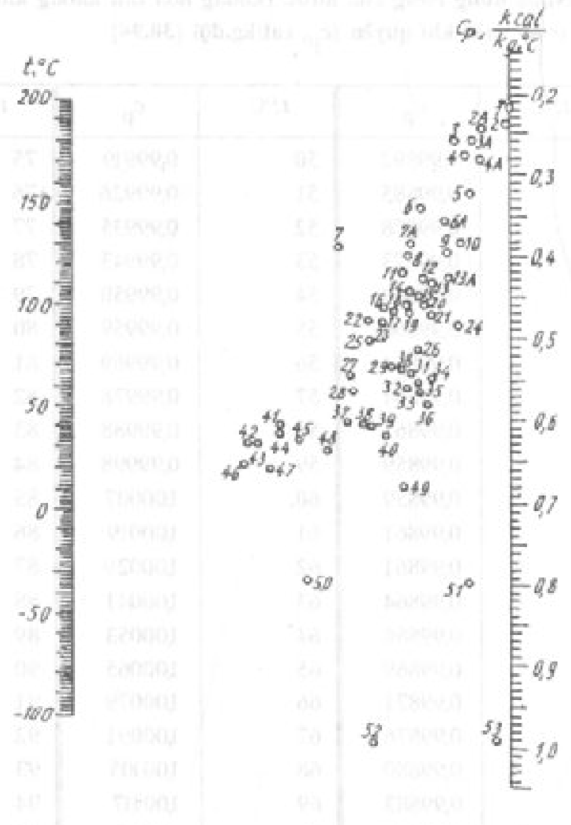
Bảng I.147. **Nhiệt dung riêng của nước (không hòa tan không khí) ở áp suất khí quyển (c_p, cal/kg.độ) [30.94]**

t, °C	c_p	t,°C	c_p	t,°C	c_p	t,°C	c_p
0	1,00803	25	0,99892	50	0,99919	75	1,00208
1	1,00717	26	0,99885	51	0,99926	76	1,00225
2	1,00636	27	0,99878	52	0,99935	77	1,00241
3	1,00564	28	0,99873	53	0,99943	78	1,00258
4	1,00495	29	0,99869	54	0,99950	79	1,00277
5	1,00433	30	0,99866	55	0,99959	80	1,00294
6	1,00378	31	0,99864	56	0,99969	81	1,00313
7	1,00325	32	0,99861	57	0,99978	82	1,00332
8	1,00277	33	0,99861	58	0,99988	83	1,00351
9	1,00234	34	0,99859	59	0,99998	84	1,00373
10	1,00194	35	0,99859	60	1,00007	85	1,00392
11	1,00158	36	0,99861	61	1,00019	86	1,00414
12	1,00124	37	0,99861	62	1,00029	87	1,00435
13	1,00093	38	0,99864	63	1,00041	88	1,00457
14	1,00067	39	0,99866	64	1,00053	89	1,00480
15	1,00041	40	0,99869	65	1,00065	90	1,00502
16	1,00019	41	0,99871	66	1,00079	91	1,00526
17	0,99998	42	0,99876	67	1,00091	92	1,00550
18	0,99978	43	0,99880	68	1,00105	93	1,00574
19	0,99962	44	0,99883	69	1,00117	94	1,00600
20	0,99947	45	0,99890	70	1,00131	95	1,00626
21	0,99933	46	0,99895	71	1,00146	96	1,00653
22	0,99921	47	0,99900	72	1,00160	97	1,00684
23	0,99912	48	0,99907	73	1,00177	98	1,00705
24	0,99902	49	0,99912	74	1,00191	99	1,00734
						100	1,00763

Bảng I.148. **Nhiệt dung riêng của nước và hơi nước ở nhiệt độ sôi (c_p, kcal/kg.độ) [37.747]**

Chuyển đổi đơn vị: 1 kcal/kg.độ = 4,1868.10^3 J/kg.độ

p, at	t, °C	c_p nước	c_p hơi nước	p, at	t, °C	c_p nước	c_p hơi nước
1	99,09	1,010	0,487	60	274,29	1,235	1,10
2	119,62	1,014	0,506	80	293,62	1,335	1,35
5	151,11	1,027	0,546	100	309,53	1,45	1,66
10	179,04	1,047	0,610	120	323,15	1,62	2,03
20	211,38	1,083	0,705	140	335,09	1,84	2,63
30	232,76	1,120	0,805	160	345,74	2,10	3,42
40	249,18	1,155	0,895	180	355,35	2,40	4,64
50	262,70	1,195	0,985	200	364,08	2,73	6,6



Hình I.52. **Toán đồ để xác định nhiệt dung riêng của một số chất lỏng vô cơ và hữu cơ [30.98]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ đã cho và số ký hiệu của chất lỏng (xem bảng trang 167) kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt dung riêng c_p. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của c_p cần tìm.

Chuyển đổi đơn vị: 1 kcal/kg.độ = 4,1868.10^3 J/kg.độ

Bảng dùng cho toán đồ hình I.52

Tên chất lỏng	Điểm	Giới hạn nhiệt độ, °C	Tên chất lỏng	Điểm	Giới hạn nhiệt độ, °C
Amoniac	52	−70 ÷ +50	Clorofom	4	0 ÷ 50
Amylaxetat	26	0–100	Đautem A.	16	0 ÷ 200
Anilin	30	0 ÷ 130	Đecan	21	−80 ÷ +25
Axeton	32	20 ÷ 50	Đicloetan	6A	−30 ÷ +60
Axit axetic 100%	29	0 ÷ 80	Điclometan	5	−40 ÷ +50
Axit clohiđric 30%	48	20 ÷ 100	Đifenyl	15	80 ÷ 120
Axit sunfuric 98%	9	10 ÷ 45	Đifenylmetan	22	30 ÷ 100
Benzen	23	10 ÷ 80	Ete difenyl	16	0 ÷ 200
Benzen clorua	10	−30 ÷ +30	Ete etyl	36	−100 ÷ +25
Cacbon đisunfua	2	−100 ÷ +25	Ete izopropyl	31	−80 ÷ +20
Cacbon tetraclorua	3	10 ÷ 60	Etilenglicol	39	−40 ÷ +200
Canxi clorua 25%	49	−40 ÷ +20	Etylaxetat	24	−50 ÷ +25
Clobenzen	8	0 ÷ 100	Etylbenzen	25	0 ÷ 100
Etyl bromua	1	5 ÷ 25	Pentan	28	0 ÷ 60
Etyl clorua	13	−30 ÷ +40	Piriđin	20	−50 ÷ +25
Etyl iodua	7	0 ÷ 100	Rượu amylic	37	−50 ÷ +25
Freon-11	2A	−20 ÷ +70	Rượu benzylic	27	−20 ÷ +30
Freon-12	6	−40 ÷ +15	Rượu butylic	44	0 ÷ 100
Freon-21	4A	−20 ÷ +70	Rượu etylic 100%	42	30 ÷ 80
Freon-22	7A	−20 ÷ 60	" 95%	46	20 ÷ 80
Freon-113	3A	−20 ÷ +70	" 50%	50	20 ÷ 80
Glixerin	38	−40 ÷ +20	Rượu izoamylic	41	10 ÷ 100
Heptan	28	0 ÷ 60	Rượu izobutylic	43	0 ÷ 100
Hexan	35	−80 ÷ +20	Rượu izopropylic	47	−20 ÷ +50
Lưu huỳnh đioxit	11	−20 ÷ +100	Rượu metylic	40	−40 ÷ +20
Metyl clorua	13A	−80 ÷ +20	Rượu propylic	45	−20 ÷ +100
Naftalen	14	90 ÷ 200	Tetracloetilen	3	-30 ÷ +140
Natri clorua	51	−40 ÷ +20	Toluen	23	0 ÷ 60
Nitrobenzen	12	0 ÷ 100	*o*- Xilen	19	0 ÷ 100
Nonan	34	−50 ÷ +25	*m*- Xilen	18	0 ÷ 100
Nước	53	10 ÷ 200	*p*- Xilen	17	0 ÷ 100
Octan	33	−50 ÷ +25			

Bảng I.149. **Nhiệt dung riêng của nước và hơi nước ở 0-500°C (c_p, kcal/kg.độ) [37.748]**

Chuyển đổi đơn vị: 1 kcal/kg.độ = $4,1868.10^3$ J/kg.độ

t, °C	Áp suất, at																		
	1	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
0	1,006	1,006	1,006	1,005	1,005	1,005	1,004	1,004	1,004	–	1,003	–	1,002	–	1,001	1,000	1,000	0,999	0,998
20	0,999	0,998	0,998	0,998	0,998	0,997	0,997	0,996	0,996	–	0,995	–	0,994	–	0,993	0,992	0,991	0,990	0,989
40	0,998	0,998	0,997	0,997	0,996	0,996	0,995	0,994	0,994	–	0,993	–	0,992	–	0,991	0,990	0,989	0,987	0,986
60	1,001	1,001	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,994	–	0,993	–	0,992	–	0,991	0,990	0,989	0,987	0,986
80	1,004	1,004	1,004	1,003	1,002	1,001	1,000	0,999	0,998	–	0,997	–	0,995	–	0,994	0,993	0,991	0,990	0,989
100	0,502	1,010	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,004	1,003	–	1,002	–	1,000	–	0,999	0,997	0,996	0,995	0,993
120	0,485	0,505	1,016	1,015	1,014	1,013	1,012	1,011	1,010	–	1,009	–	1,007	–	1,005	1,004	1,002	1,001	0,999
140	0,478	0,493	1,026	1,024	1,022	1,021	1,020	1,019	1,018	–	1,016	–	1,015	–	1,013	1,011	1,010	1,008	1,006
160	0,473	0,486	0,552	1,041	1,038	1,036	1,034	1,033	1,032	–	1,030	–	1,028	–	1,026	1,024	1,022	1,020	1,018
180	0,472	0,482	0,525	0,640	1,057	1,053	1,051	1,050	1,048	–	1,046	–	1,044	–	1,042	1,039	1,037	1,035	1,032
200	0,472	0,479	0,510	0,578	1,079	1,075	1,072	1,071	1,069	–	1,067	–	1,064	–	1,061	1,058	1,056	1,053	1,050
220	0,473	0,478	0,503	0,549	0,702	1,105	1,101	1,097	1,095	–	1,091	–	1,088	–	1,085	1,082	1,079	1,075	1,072
240	0,474	0,478	0,498	0,532	0,629	0,791	1,135	1,132	1,129	–	1,125	–	1,121	–	1,117	1,113	1,109	1,104	1,100
260	0,476	0,479	0,495	0,522	0,591	0,679	0,842	1,181	1,178	–	1,172	–	1,166	–	1,160	1,154	1,149	1,144	1,139
280	0,478	0,481	0,494	0,515	0,566	0,637	0,734	0,873	1,063	–	1,25	–	1,230	–	1,224	1,216	1,208	1,201	1,194
300	0,481	0,483	0,493	0,510	0,552	0,602	0,662	0,750	0,861	1,012	1,230	–	1,35	–	1,328	1,309	1,293	1,279	1,266
320	0,484	0,485	0,494	0,508	0,540	0,579	0,626	0,648	0,755	0,842	0,954	1,106	1,321	1,647	1,61	1,51	1,46	1,420	1,391
340	0,486	0,487	0,495	0,507	0,534	0,565	0,601	0,644	0,694	0,754	0,825	0,910	1,017	1,153	1,358	2,140	1,86	1,75	1,675
360	0,489	0,489	0,496	0,507	0,529	0,555	0,584	0,618	0,656	0,700	0,751	0,811	0,880	0,961	1,059	1,335	1,869	3,256	-
380	0,492	0,492	0,498	0,507	0,527	0,549	0,573	0,600	0,630	0,664	0,702	0,746	0,796	0,853	0,917	1,066	1,290	1,649	2,290
400	0,495	0,494	0,500	0,508	0,525	0,544	0,564	0,587	0,612	0,639	0,669	0,702	0,739	0,780	0,826	0,993	1,067	1,237	1,467
420	0,498	0,497	0,503	0,510	0,526	0,542	0,559	0,578	0,599	0,621	0,645	0,672	0,699	0,730	0,764	0,841	0,933	1,041	1,167
440	0,501	0,500	0,506	0,512	0,526	0,540	0,555	0,571	0,588	0,607	0,627	0,648	0,671	0,695	0,721	0,778	0,843	0,918	1,008
460	0,504	0,502	0,508	0,514	0,526	0,539	0,552	0,566	0,581	0,597	0,614	0,632	0,651	0,670	0,690	0,734	0,785	0,840	0,903
480	0,507	0,505	0,511	0,516	0,527	0,538	0,550	0,562	0,575	0,589	0,603	0,618	0,634	0,650	0,667	0,704	0,745	0,790	0,839
500	0,510	0,509	0,514	0,518	0,528	0,538	0,548	0,559	0,571	0,583	0,595	0,608	0,621	0,634	0,649	0,680	0,713	0,751	0,791

Chú thích: Phía trên đường gấp khúc là nhiệt dung riêng của nước, phía dưới là của hơi nước.

Bảng I.150. **Nhiệt dung riêng của hơi nước ở áp suất thấp hơn 200 at (c_p, kcal/kg.độ) [37.749]**

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C											
	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740
1	0,514	0,517	0,521	0,524	0,527	0,530	0,534	0,537	0,540	0,544	0,547	0,551
5	0,517	0,520	0,523	0,526	0,529	0,532	0,535	0,539	0,542	0,545	0,549	0,552
10	0,521	0,524	0,527	0,529	0,532	0,535	0,538	0,541	0,544	0,547	0,551	0,554
20	0,530	0,532	0,534	0,536	0,538	0,540	0,543	0,545	0,548	0,551	0,554	0,557
30	0,539	0,540	0,541	0,543	0,544	0,546	0,548	0,550	0,552	0,555	0,557	0,560
40	0,548	0,548	0,549	0,550	0,550	0,551	0,553	0,554	0,557	0,559	0,561	0,563
50	0,558	0,557	0,557	0,557	0,556	0,557	0,558	0,559	0,561	0,562	0,564	0,567
60	0,568	0,566	0,565	0,564	0,563	0,563	0,563	0,564	0,565	0,566	0,568	0,570
70	0,578	0,575	0,573	0,571	0,569	0,568	0,568	0,569	0,569	0,570	0,572	0,573
80	0,589	0,585	0,581	0,578	0,576	0,575	0,574	0,574	0,574	0,574	0,575	0,577
90	0,600	0,594	0,590	0,586	0,583	0,581	0,579	0,579	0,578	0,578	0,579	0,580
100	0,612	0,604	0,599	0,594	0,590	0,587	0,585	0,584	0,583	0,583	0,583	0,583
110	0,624	0,615	0,608	0,602	0,597	0,593	0,591	0,589	0,587	0,587	0,587	0,587
120	0,636	0,624	0,617	0,610	0,604	0,600	0,596	0,594	0,592	0,591	0,590	0,590
130	0,649	0,634	0,626	0,619	0,611	0,606	0,602	0,599	0,597	0,595	0,594	0,594
140	0,662	0,647	0,636	0,628	0,620	0,613	0,608	0,604	0,602	0,600	0,598	0,597
150	0,676	0,659	0,646	0,637	0,628	0,620	0,614	0,610	0,606	0,604	0,602	0,601
160	0,690	0,671	0,656	0,646	0,636	0,627	0,620	0,615	0,611	0,608	0,606	0,604
170	0,705	0,684	0,667	0,655	0,644	0,634	0,626	0,620	0,616	0,613	0,610	0,608
180	0,720	0,696	0,678	0,664	0,651	0,640	0,632	0,625	0,621	0,617	0,614	0,612
190	0,736	0,710	0,689	0,674	0,660	0,648	0,639	0,632	0,626	0,622	0,618	0,616
200	0,753	0,724	0,701	0,684	0,669	0,656	0,646	0,638	0,631	0,626	0,622	0,619

Bảng I.151. **Nhiệt dung riêng của hơi nước ở áp suất cao hơn 200 at (c_p, kcal/kg.độ) [37.750]**

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C																	
	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740
210	1,630	1,243	1,059	0,939	0,865	0,812	0,770	0,737	0,713	0,694	0,677	0,663	0,652	0,644	0,637	0,631	0,626	0,623
220	1,826	1,333	1,115	0,978	0,893	0,833	0,787	0,751	0,725	0,705	0,687	0,671	0,659	0,650	0,642	0,636	0,631	0,627
230	2,074	1,445	1,175	1,020	0,923	0,855	0,805	0,766	0,738	0,715	0,695	0,678	0,665	0,655	0,647	0,641	0,635	0,631
240	2,408	1,574	1,241	1,065	0,955	0,878	0,823	0,782	0,751	0,726	0,704	0,686	0,672	0,662	0,653	0,645	0,639	0,635
250	2,845	1,699	1,312	1,113	0,988	0,902	0,842	0,798	0,764	0,738	0,715	0,696	0,680	0,668	0,658	0,650	0,644	0,639
260	3,474	1,864	1,392	1,156	1,023	0,927	0,862	0,814	0,777	0,750	0,726	0,705	0,687	0,673	0,664	0,655	0,648	0,643
270	4,448	2,060	1,481	1,220	1,060	0,953	0,880	0,830	0,790	0,761	0,736	0,713	0,699	0,680	0,669	0,660	0,652	0,646
280	5,661	2,285	1,579	1,276	1,095	0,978	0,900	0,847	0,804	0,772	0,745	0,722	0,703	0,687	0,675	0,665	0,657	0,651
290	6,833	2,552	1,689	1,338	1,135	1,006	0,921	0,864	0,817	0,783	0,755	0,731	0,711	0,693	0,680	0,670	0,662	0,655
300	6,900	2,872	1,806	1,402	1,178	1,035	0,942	0,880	0,830	0,794	0,765	0,740	0,718	0,700	0,686	0,675	0,666	0,659
310	–	–	1,924	1,477	1,223	1,065	0,964	0,897	0,845	0,806	0,775	0,749	0,726	0,706	0,692	0,680	0,671	0,663
320	–	–	2,049	1,553	1,271	1,098	0,986	0,914	0,859	0,818	0,785	0,758	0,734	0,713	0,698	0,686	0,676	0,667
330	–	–	2,179	1,632	1,321	1,131	1,010	0,932	0,874	0,831	0,795	0,766	0,741	0,721	0,705	0,691	0,680	0,671
340	–	–	2,312	1,714	1,374	1,166	1,035	0,950	0,889	0,843	0,806	0,775	0,749	0,728	0,711	0,697	0,685	0,676
350	–	–	2,444	1,797	1,429	1,202	1,060	0,970	0,903	0,855	0,816	0,784	0,757	0,735	0,717	0,702	0,690	0,680
360	–	–	–	1,881	1,486	1,241	1,086	0,989	0,920	0,867	0,827	0,792	0,765	0,742	0,723	0,707	0,694	0,684
370	–	–	–	1,967	1,545	1,281	1,114	1,009	0,937	0,880	0,837	0,802	0,773	0,749	0,729	0,713	0,700	0,689
380	–	–	–	2,048	1,605	1,322	1,142	1,030	0,953	0,894	0,849	0,812	0,782	0,756	0,736	0,719	0,705	0,693
390	–	–	–	2,123	1,664	1,364	1,171	1,049	0,969	0,908	0,860	0,822	0,790	0,764	0,742	0,725	0,710	0,697
400	–	–	–	2,185	1,722	1,408	1,201	1,070	0,984	0,921	0,873	0,833	0,799	0,771	0,749	0,731	0,715	0,702

Bảng I.152. **Nhiệt dung riêng của thủy ngân ở áp suất không đổi [37.747]**

Nhiệt độ, °C	Nhiệt dung riêng c_p, kcal/kg.độ	Nhiệt dung nguyên tử, cal/ntg.độ	Nhiệt độ, °C	Nhiệt dung riêng, c_p, kcal/kg.độ	Nhiệt dung nguyên tử, cal/ntg.độ
	Thể rắn		200	0,032426	6,5050
−75,6	0,0319	0,3995	220	0,032368	6,4970
−72,9	0,0324	6,4998	240	0,032356	6,4910
−65,4	0,0324	6,4998	260	0,032336	6,4869
−59,5	0,0324	6,4998	280	0,032325	6,4847
−44,9	0,0336	6,7405	300	0,032322	6,4843
−42,2	0,0336	6,7405	320	0,032330	6,4858
−40,0	0,0337	6,7606	340	0,032346	6,4890
	Thể lỏng		356,58	0,032366	6,4930
−38,88	0,033686	6,7578	360	0,032371	6,4940
−20	0,033534	6,7272	380	0,032404	6,5005
0	0,033382	6,6967	400	0,032445	6,5087
20	0,033240	6,6683	420	0,032494	6,5186
25	0,033206	6,6615	440	0,032550	6,5298
40	0,033109	6,6419	460	0,032614	6,5426
60	0,032987	6,6176	480	0,032684	6,5567
80	0,032877	6,5954	500	0,032762	6,5723
100	0,032776	6,5752		Thể khí	
120	0,032686	6,5571	0	0,02476	4,968
140	0,032606	6,5410	100	0,02476	4,968
160	0,032535	6,5270	200	0,02477	4,969
180	0,032476	6,5250	300	0,02480	4,975
			400	0,02489	4,993
			500	0,02507	5,030

Bảng I.153. **Nhiệt dung riêng của một số chất lỏng phụ thuộc vào nhiệt độ**

Tên chất	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg ở nhiệt độ							
	−20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Amoniac lỏng	4520	4600	4740	4860	5110	5150	5180	5225
Anilin	–	2000	2040	2085	2130	2175	2217	2263
Axeton	2050	2115	2180	2240	2305	2370	2435	2495
Benzen	–	1635	1730	1825	1930	2035	2120	2180
Cacbon sunfua	972	985	996	1015	1025	1040	1055	1070
Cacbon tetraclorua	814	839	863	892	922	946	976	1010
Clobenzen	1193	1257	1318	1382	1445	1507	1575	1640
Clorofom	964	995	1023	1051	1081	1110	1140	1170
Đicloetan	972	1060	1148	1240	1327	1420	1512	1600

Tiếp bảng I.153

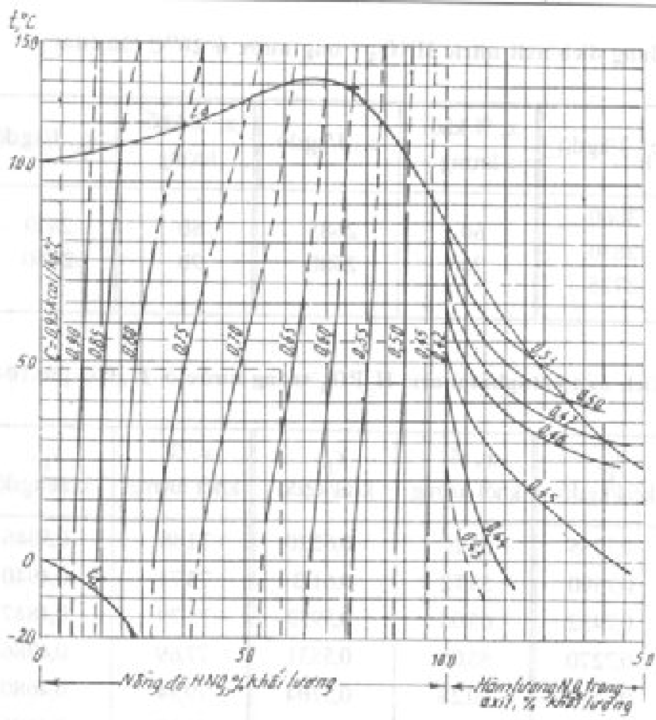
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ete etylic	2161	2212	2267	2410	2650	2890	3130	3362
Etylaxetat	1776	1845	1920	1990	2066	2137	2210	2280
Fenol	-	-	2347	2347	2347	2347	2347	2347
Hexan	2245	2245	2245	2245	2245	2245	2245	2245
Lưu huỳnh đioxit	1310	1328	1370	1430	1480	1630	1760	1915
Nitrobenzen	-	1400	1454	1507	1567	1621	1675	1735
Nước	-	4230	4180	4175	4190	4190	4230	4275
Octan	2203	2203	2203	2203	2203	2203	2203	2203
Toluen	1520	1620	1710	1800	1900	1980	2070	2130

Bảng I.154. **Nhiệt dung riêng của một số dung dịch các chất vô cơ và hữu cơ phụ thuộc vào nhiệt độ**

Tên chất	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ							
	-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Axit axetic 100%	-	1885	1994	2100	2207	2316	2430	2535
" 50%	-	3058	3100	3141	3185	3270	3310	3350
Axit clohiđric 30%	-	2310	2480	2640	2810	3020	3190	3360
Axit fomic	-	1965	2050	2140	2225	2310	2400	2485
Axit nitric 100%	1740	1750	1760	1780	1802	1820	1842	1856
" 50%	-	2800	2850	2900	2970	3060	3100	3185
Axit sunfuric 98%	-	1405	1460	1515	1570	1625	1685	1735
" 92%	1488	1530	1580	1630	1680	1730	1780	1830
" 75%	1810	1880	1940	2010	2080	2140	2210	2280
" 60%	2120	2200	2280	2370	2450	2540	2620	2700
Canxi clorua 25%	2840	2890	2940	2970	3060	3100	3140	3180
Glixerin 50%	-	3660	3660	3520	3520	-	-	-
Natri clorua 20%	-	2945	3935	3920	3900	3895	3855	3855
Nước amoniac 25%	-	4320	4320	4360	4440	4525	4610	4740
Oleum 20%	-	1365	1425	1484	1542	1600	1660	1720
Rượu butylic	1970	2110	2326	2540	2765	2982	3214	3410
Rượu etylic 100%	2120	2290	2480	2710	2970	3220	3520	3810
" 80%	-	2682	2703	3015	3230	3430	3645	3890
" 60%	-	3060	3145	3310	3480	3605	3770	3980
" 40%	-	3435	2320	3645	3690	3810	3940	4025
" 20%	-	3810	3850	3893	3940	3980	4070	4110
Rượu metylic 100%	2380	2465	2570	2670	2760	2860	2965	3065
" 40%	-	3520	3565	3602	3602	3645	3690	3730
Xút 50%	-	-	3240	3220	3215	3205	2200	3190
" 40%	-	3380	3425	3460	3480	3490	3490	3490
" 30%	-	3450	3520	3590	3630	3640	3640	3640
" 20%	-	3530	3610	3670	3700	3715	3720	3720
" 10%	-	3700	3770	3820	3845	3860	3870	3880

Bảng I.155. **Nhiệt dung riêng của axit clohiđric HCl [30.104]**

Nồng độ x, % mol	Nhiệt dung riêng c_p, J/kgđộ ở nhiệt độ				
	0°C	10°C	20°C	40°C	60°C
0,0	4186	-	-	-	-
9,09	3020	3020	3100	3145	3270
16,7	2560	2535	2645	2710	2845
20,0	2432	2410	2475	2580	2641
25,9	2305	-	-	-	2560



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ (trên trục tung) và nồng độ của dung dịch (trên trục hoành), kẻ hai đường thẳng góc với nhau. Đường cong đi qua giao điểm nhận được song song với đường cong nhiệt dung riêng gần nhất sẽ cho giá trị của c_p cần tìm. Biểu đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

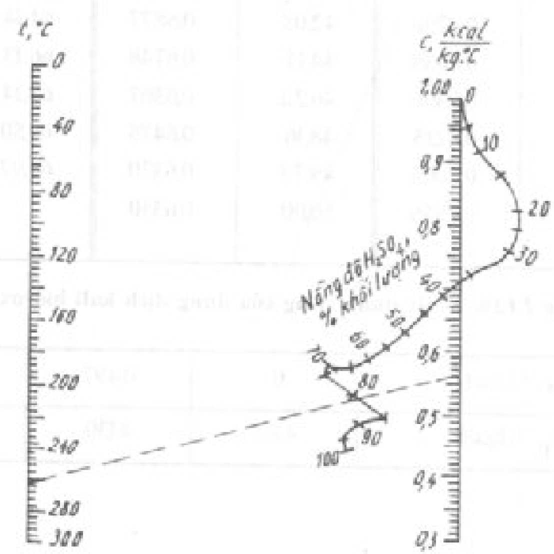
Hình I.53. **Biểu đồ để xác định nhiệt dung riêng của dung dịch axit nitric trong nước và dung dịch nitơ peoxit trong axit nitric 100% [49.140]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ dung dịch, kẻ một đường thẳng đến thang nhiệt dung riêng c_p. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của c_p cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1 kcal/kg.độ = $4{,}1868.10^3$ J/kg.độ.



Hình I.54. **Toán đồ để xác định nhiệt dung riêng của dung dịch axit sunfuric-nước [49.141]**

Bảng I.156. **Nhiệt dung riêng của dung dịch axit sunfuric H_2SO_4 trong nước ở 20°C [30.140]**

x, % khối lượng	c_p, J/kg.độ	*x*, % khối lượng	c_p, J/kg.độ	*x*, % khối lượng	c_p, J/kg.độ	*x*, % khối lượng	c_p, J/kg.độ
0,34	4175	21,40	3490	47,57	2580	84,48	1846
1,34	4140	25,39	3370	52,13	2434	91,81	1587
3,50	4060	30,34	3205	64,47	2100	94,82	1490
9,82	3850	35,25	3035	73,13	1940	100	1404
15,36	3715	40,49	2840	81,33	1880		

Bảng I.157. **Nhiệt dung riêng của dung dịch axit nitric HNO_3 trong nước ở 20°C [30.104]**

x, % khối lượng	c_p, J/kg.độ	x, % khối lượng	c_p, J/kg.độ	x, % khối lượng	c_p, J/kg.độ	x, % khối lượng	c_p, J/kg.độ
0	4186	30	3060	60	2685	80	2410
10	3770	40	2830	70	2580	90	2060
20	3394	50	2725				

Bảng I.158. **Nhiệt dung riêng của dung dịch axit octophotphoric H_3PO_4 trong nước ở 21,3°C [30.104]**

x, % khối lượng	c_p, kcal/kg.độ	*x*, % khối lượng	c_p, kcal/kg.độ	*x*, % khối lượng	c_p, kcal/kg.độ	*x*, % khối lượng	c_p, kcal/kg.độ
2,50	0,9903	29,96	0,7735	52,19	0,6220	71,88	0,5046
3,80	0,9970	32,09	0,7590	53,72	0,6113	73,71	0,4940
5,33	0,9669	33,95	0,7432	65,04	0,5972	75,79	0,4847
8,81	0,9389	36,26	0,7270	58,06	0,5831	77,69	0,4786
10,27	0,9293	38,10	0,7160	60,23	0,5704	79,54	0,4680
14,39	0,8958	40,10	0,7024	62,10	0,5603	80,00	0,4686
16,23	0,8796	42,08	0,6877	64,14	0,5460	82,00	0,4596
19,99	0,8489	44,11	0,6748	66,13	0,5849	84,00	0,4500
22,10	0,8300	46,22	0,6307	68,14	0,5242	85,98	0,4419
24,56	0,8125	48,16	0,6478	69,50	0,5160	88,01	0,4359
25,98	0,8004	49,79	0,6370	69,97	0,5157	89,72	0,4206
28,15	0,7856	50,00	0,6350				

Bảng I.159. **Nhiệt dung riêng của dung dịch kali hiđroxit KOH trong nước ở 19°C [30.104]**

c, % mol	0	0,497	1,64	4,76	9,09
c_p, J/kg.độ	4186	4130	3900	3410	3145

Bảng I.160. **Nhiệt dung riêng của dung dịch natri hiđroxit (xút) trong nước ở 20°C [30.105]**

x, % mol	0,5	1,0	9,09	16,7	28,6	37,5
c_p, J/kg.độ	4125	4070	3500	3352	3290	3280

Bảng I.161. **Nhiệt dung riêng của dung dịch amoniac NH_3 trong nước [30.103]**

x, % mol	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ			
	2,4°C	20,6°C	41°C	61°C
0	4235	4186	4170	4186
10,5	4110	4170	4440	4275
20,9	4025	4150	4320	
31,2	4010	4186		
41,4	4130			

Bảng I.162. **Nhiệt dung riêng của dung dịch kali clorua KCl trong nước [30.104]**

x, % mol	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ			
	6°C	20°C	33°C	40°C
0,99	3960	3965	3965	3965
3,85	3467	3479	3496	3504
5,66	3224	3245	3257	3248
7,41	-	3044	-	-

Bảng I.163. **Nhiệt dung riêng của dung dịch natri clorua NaCl trong nước [30.105]**

x, % mol	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ			
	6°C	20°C	33°C	57°C
0,249	-	4150	-	-
0,99	4025	4070	4070	-
2,44	3815	3835	3835	3870
9,09	3375	3395	3395	3440

Bảng I.164. **Nhiệt dung riêng của dung dịch natri clorua NaCl và canxi clorua $CaCl_2$ ở nhiệt độ thấp (c_p, kcal/kg.độ) [30.143]**

Khối lượng riêng ở 15°C, kg/l	Natri clorua			Khối lượng riêng ở 15°C, kg/l	Canxi clorua			
	0°C	−10°C	−20°C		0°C	−10°C	−20°C	−30°C
1,01	0,973	-	-	1,10	0,836	-	-	-
1,02	0,956	-	-	1,11	0,822	-	-	-
1,03	0,941	-	-	1,12	0,808	-	-	-
1,04	0,927	-	-	1,13	0,795	0,789	-	-
1,05	0,911	-	-	1,14	0,982	0,776	-	-
1,06	0,901	-	-	1,15	0,770	0,764	-	-
1,07	0,889	-	-	1,16	0,758	0,753	-	-
1,08	0,878	-	-	1,17	0,747	0,742	-	-
1,09	0,867	-	-	1,18	0,737	0,731	-	-
1,10	0,857	0,855	-	1,19	0,727	0,721	-	-

Bảng I.165. **Nhiệt dung riêng của dung dịch natri cacbonat Na_2CO_3 trong nước [30.105]**

x, % khối lượng	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ			
	17,6°C	30°C	76,6°C	98°C
0,000	4183	4180	4227	4190
1,498	4110	-	-	-
2,000	-	4100	-	-
2,901	4020	-	-	-
4,000	-	4020	-	-
5,000	3950	-	4090	-
6,000	-	3940	-	-
8,000	3850	-	-	-
10,000	3810	-	3962	-
13,790	3740	-	-	-
13,840	-	3725	-	-
20,000	-	3620	3745	-
25,000	-	-	3740	-

Bảng I.166. **Nhiệt dung riêng của dung dịch đồng sunfat $CuSO_4$ trong nước [30.104]**

Thành phần dung dịch	Nhiệt độ, °C	c_p, J/kg.độ
$CuSO_4 + 50H_2O$	12-15	3550
$CuSO_4 + 200H_2O$	12-14	3982
$CuSO_4 + 400H_2O$	13-17	4082

Bảng I.167. **Nhiệt dung riêng của dung dịch kẽm sunfat $ZnSO_4$ trong nước [30.105]**

Thành phần dung dịch	Nhiệt độ, °C	c_p, J/kg.độ
$ZnSO_4 + 50H_2O$	20-52	3525
$ZnSO_4 + 200H_2O$	20-52	3986

Bảng I.168. **Nhiệt dung riêng của dung dịch rượu metylic CH_3OH trong nước [30.105]**

x, % mol	c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ			x, % mol	c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ		
	5°C	20°C	40°C		5°C	20°C	40°C
5,88	4271	4187	4162	45,8	3249	3395	3475
12,3	4082	4111	4103	69,6	2851	2964	3040
27,3	3672	3839	3852	100	2412	2512	2583

Bảng I.169. **Nhiệt dung riêng của dung dịch rượu etylic C_2H_5OH [30.105]**

x, % mol	c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ			x, % mol	c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ		
	3°C	23°C	41°C		3°C	23°C	41°C
4,16	4396	4271	4271	61,0	2805	3044	3132
11,5	4271	4312	4312	100,0	2261	2146	2600
37,0	3370	3601	3663				

Bảng I.170. **Nhiệt dung riêng của rượu etylic (nồng độ 95% khối lượng) ở nhiệt độ và áp suất khác nhau (c_p, J/kg.độ) [21.357]**

Nhiệt độ, °C	Áp suất p, at						
	1	10	20	30	40	50	60
−60	0,381	0,380	0,380	0,380	0,379	0,379	0,379
−40	0,428	0,428	0,427	0,427	0,426	0,426	0,425
−20	0,477	0,476	0,476	0,475	0,474	0,473	0,472
0	0,526	0,525	0,524	0,523	0,522	0,521	0,519
20	0,577	0,576	0,574	0,573	0,571	0,570	0,568
40	0,623	0,626	0,625	0,623	0,621	0,619	0,617
60	-	0,678	0,676	0,673	0,671	0,668	0,666
80	-	0,731	0,723	0,725	0,722	0,719	0,716
100	-	0,784	0,780	0,777	0,744	0,770	0,767
120	-	0,840	0,836	0,832	0,823	0,824	0,820
140	-	0,895	0,891	0,887	0,882	0,878	0,874
160	-	-	0,950	0,944	0,939	0,944	0,930
180	-	-	-	1,023	1,014	1,006	0,990
200	-	-	-	-	-	1,108	1,092
220	-	-	-	-	-	-	-
230	-	-	-	-	-	-	-
235	-	-	-	-	-	-	-

Bảng I.171. **Nhiệt dung riêng của dung dịch rượu propylic C_3H_7OH trong nước [30.105]**

x, % mol	c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ			x, % mol	c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ		
	5°C	20°C	40°C		5°C	20°C	40°C
1,55	4312	4271	4229	41,2	3140	3266	3412
5,03	4480	4438	4312	73,0	2562	2700	2964
11,4	4333	4321	4145	100,0	2236	2386	2600
23,1	3672	3768	3810	-	-	-	-

Bảng I.172. **Nhiệt dung riêng của dung dịch axetic CH_3COOH trong nước ở 38°C [30.104]**

x, % mol	0	6,98	30,9	54,5	100
c_p, J/kg.độ	4187,0	3814,0	3056	2642	2240

Bảng I.173. **Nhiệt dung riêng của dung dịch anilin trong nước ở 20°C [30.103]**

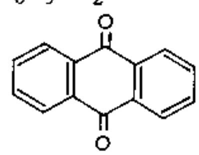
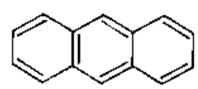
x, % mol	100	95	90,5	82,3	75,2
c_p, J/kg.độ	2081	2177	2219	2345	2433

Bảng I.174. **Nhiệt dung riêng của dung dịch glixerin trong nước [30.107]**

x, % mol	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ		x, % mol	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg.độ ở nhiệt độ	
	15°C	32°C		15°C	32°C
2,12	4024	4019	22,7	3203	3174
4,66	3890	3869	43,9	2805	2814
11,5	3563	3521	100,0	2304	2412

Bảng I.175. **Nhiệt dung riêng của một số hợp chất hữu cơ ở thể rắn [30.99,37.751]**

Số liệu về nhiệt dung riêng c_p của các hợp chất hữu cơ cho trong bảng này ứng với nhiệt độ được chỉ rõ trong cột nhiệt độ hoặc là giá trị trung bình của c_p trong khoảng nhiệt độ nhất định-cũng được chỉ trong cột nhiệt độ đó của bảng. Ngoài ra, với một số chất bảng này cho công thức để tính c_p phụ thuộc vào nhiệt độ.

Tên chất	Công thức	Nhiệt độ, °C	c_p, kcal/kg.độ
1	2	3	4
Azobenzen	$(C_6H_5N)_2$	28	0,330
Anilin	$C_6H_5NH_2$	-	0,741
Antraquinon		0–270	0,258 + 0,00069 *t*
Antraxen		50 100 150	0,308 0,350 0,382
Apiol	$C_{12}H_{14}O_4$	10	0,299
Axeton	$(CH_3)_2CO$	−210÷−80	0,540 + 0,0156*t*
Axit :			
o- aminobenzoic	$NH_2C_6H_4COOH$	85 ÷ *t* nóng chảy	0,254 + 0,00136 *t*
m- aminobenzoic	$NH_2C_6H_4COOH$	120 ÷ *t* nóng chảy	0,253 + 0,00122 *t*
p- aminobenzoic	$NH_2C_6H_4COOH$	128 ÷ *t* nóng chảy	0,287 + 0,00088 *t*
axetic	CH_3COOH	−200 ÷ +45	0,33 + 0,00080 *t*
benzoic	C_6H_5COOH	20 ÷ *t* nóng chảy	0,287 + 0,00050 *t*
capric	$C_9H_{19}COOH$	8	0,695
caprilic	$C_7H_{15}COOH$	−2	0,628
cloaxetic	$CH_2ClCOOH$	60	0,368
o- clobenzoic	ClC_6H_4COOH	80 ÷ *t* nóng chảy	0,228 + 0,00084 *t*
m- clobenzoic	ClC_6H_4COOH	94 ÷ *t* nóng chảy	0,232 + 0,00073 *t*
p- clobenzoic	ClC_6H_4COOH	180 ÷ *t* nóng chảy	0,242 + 0,00055 *t*
crotonic	$CH_3CH{=}CHCOOH$	38 ÷ 70	0,520 + 0,00020 *t*
đicloaxetric	$CHCl_2COOH$		0,406
fomic	$HCOOH$	−22	0,387
fonic		0	0,430
o- ftalic	$C_6H_4(COOH)_2$	20	0,232
glutaric	$CH_2(CH_2COOH)_2$	20	0,299
lauric	$C_{11}H_{23}COOH$	−30 ÷ +40	0,430 + 0,000027 *t*
malonic	$CH_2(COOH)_2$	20	0,275
miritic	$C_{13}H_{27}COOH$	0 ÷ 35	0,381 + 0,00545 *t*
o- nitrobenzoic	$NO_2C_6H_4COOH$	−163 ÷ *t* nóng chảy	0,256 + 0,00085 *t*
m- nitrobenzoic	$NO_2C_6H_4COOH$	66 ÷ *t* nóng chảy	0,258 + 0,00091 *t*
p- nitrobenzoic	$NO_2C_6H_4COOH$	−160 ÷ *t* nóng chảy	0,247 + 0,00077 *t*

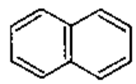
Tiếp bảng I.175

1	2	3	4
Axit oxalic	$(COOOH)_2$	−29÷+50	0,259 + 0,00076t
	$(COOH)_2 2H_2O$	−200	0,117
		−100	0,239
		0	0,338
		50	0,385
		100	0,416
Axit panmitic	$C_{15}H_{31}COOH$	−180	0,167
		−140	0,208
		−100	0,251
		−50	0,306
		0	0,382
		20	0,430
Axit picric	$HOC_6H_2(NO_2)_3$	−100	0,165
		0	0,240
		50	0,263
		100	0,297
		120	0,332
Axit propinic	C_2H_5COOH	−33	0,726
Axit tricloaxetic	CCl_3COOH	–	0,459
Axit xerotic	$CH_3(CH_2)_{24}COOH$	15	0,387
Axit xianuric	NHCONHCONH └──CO──┘	40	0,318
Axit stearic	$C_{17}H_{35}COOH$	15	0,399
Benzen	C_6H_6	−250	0,0399
		−225	0,0908
		−200	0,124
		−150	0,170
		−100	0,227
		50	0,229
		0	0,375
Benzofenol	$(C_6H_5)CO$	−150	0,115
		−100	0,172
		−50	0,220
	$(C_6H_5)CO$	0	0,275
		20	0,303
Betol	$C_{17}H_{12}O_3$	−150	0,129
		−100	0,167
		0	0,248
		50	0,308
Bromfenol	C_6H_5BrO	32	0,263
o- Bromiotbenzen	BrC_6H_4I	−50÷0	0,143 + 0,00025 *t*
m- Bromiotbenzen	BrC_6H_4I	−75÷−15	0,143
p- Bromiotbenzen	BrC_6H_4I	−40÷+50	0,116 + 0,00032 *t*

Tiếp bảng I.175

1	2	3	4
β-Bromnaftalen	$C_{10}H_7Br$	41	0,260
Cacbon tetraclorua	CCl_4	−240	0,013
		−200	0,081
		−160	0,131
		−120	0,162
		−80	0,182
		−40	0,201
Camfen	$C_{10}H_{16}$	35	0,380
o- Clobrombenzen	ClC_6H_4Br	−34	0,192
m- Clobrombenzen	ClC_6H_4Br	−52	0,150
p- Clobrombenzen	ClC_6H_4Br	−40	0,150
Cloralhidrat	$CCl_3CH(OH)_2$	32	0,213
Cloralancolat	$C_4H_7Cl_3O_2$	78	0,509
Đextrin	$(C_6H_{10}O_5)_x$	0−90	0,201 + 0,00096 *t*
Đibenzyl	$(C_6H_5CH_2)_2$	28	0,363
o- Đibrombenzen	$C_6H_4Br_2$	−36	0,248
m- Đibrombenzen	$C_6H_4Br_2$	−25	0,134
p- Đibrombenzen	$C_6H_4Br_2$	−50÷+50	0,139 + 0,00038 *t*
o- Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	−48,5	0,185
m- Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	−52	0,186
p- Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	−50÷+53	0,219 + 0,0021 *t*
Đifenyl	$(C_6H_5)_2$	40	0,385
Đifenylamin	$(C_6H_5)_2NH$	26	0,337
o- Đihidroxibenzen	$C_6H_4(OH)_2$	−163÷ *t* nóng chảy	0,278 + 0,00098 *t*
m- Đihidroxibenzen	$C_6H_4(OH)_2$	−100÷ *t* nóng chảy	0,269 + 0,00118 *t*
p- Đihidroxibenzen	$C_6H_4(OH)_2$	−250	0,025
o- Điiotbenzen	$C_6H_4I_2$	−50÷+15	0,109 + 0,00026 *t*
m- Điiotbenzen	$C_6H_4I_2$	−52÷−42	0,100 + 0,00026 *t*
p- Điiotbenzen	$C_6H_4I_2$	−50÷+80	0,101 + 0,00026 *t*
Đimetyloxalat	$C_4H_6O_4$	10÷50	0,212 + 0,0044 *t*
o- Đinitrobenzen	$C_6H_4(NO_2)_2$	−160− *t* nóng chảy	0,252 + 0,00083 *t*
m- Đinitrobenzen	$C_6H_4(NO_2)_2$	−160− *t* nóng chảy	0,248 + 0,00077 *t*
p- Đinitrobenzen	$C_6H_4(NO_2)_2$	119− *t* nóng chảy	0,259 + 0,00057 *t*
Đixianogendiamit	$H_2N(NH)CNHCN$	0÷204	0,456
Đunxit	$C_6H_8(OH)_6$	20	0,282
Ete etyl	$(C_2H_5)_2O$	−193,6	0,205
		−181,6	0,231
		−167,7	0,251
		−144,7	0,283
		−163,0	0,300

Tiếp bảng I.175

1	2	3	4
Etylaxetat	$CH_3COOC_2H_5$	–181	0,199
		–184	0,237
		–121,3	0,263
		–105,9	0,285
Eritritol	$(CH_2OHCHOH)_2$	60	0,351
Fenol	C_6H_6O	14÷16	0,561
D-fructoza (đường quả)	$C_6H_{12}O_6$	20	0,275
Glixerin	$(CH_2OH)_2CHOH$	–265	0,009
		–260	0,022
		–250	0,047
		–220	0,085
		–200	0,115
D-Glucoza	$C_6H_{12}O_6$	–250	0,016
		–200	0,077
		–100	0,160
		0	0,277
		20	0,300
Glucozan quay trái	$C_6H_{10}O_5$	40	0,607
Hexacloetan	C_2Cl_6	25	0,174
Hexan	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	–179,8	0,219
Hexandecan	$C_{16}H_{34}$	–	0,495
Hidroaxetanilit	$C_8H_9NO_2$	41 – *t* nóng chảy	0,249 + 0,00154 *t*
Hidroquinon	$C_6H_4(OH)_2$	–250	0,0246
Iotbenzen	C_6H_5I	40	0,191
Lactoza	$C_{12}H_{22}O_{11}$	20	0,287
Manit	$HOCH_2(CHOH)_4CH_2OH$	0–100	0,313 + 0,00025 *t*
Mantoza	$C_{12}H_{22}O_{11}$	20	0,320
Melamin	$C_3N_3(NH_2)_3$	40	0,351
Naftalen		-258	0,01102
		–139÷*t* nóng chảy	0,281 + 0,00111 *t*
		0÷50	0,270 + 0,0031 *t*
α-Naftalenamin	$C_{10}H_7NH_2$	50÷*t* nóng chảy	0,240 + 0,00147 *t*
α-Naftol	$C_{10}H_7OH$	61÷*t* nóng chảy	0,252 + 0,00128 *t*
β-Naftol	$C_{10}H_7OH$	–160÷*t* nóng chảy	0,269 + 0,000920 *t*
o-Nitroanilin	$H_2NC_6H_4NO_2$	–160÷*t* nóng chảy	0,275 + 0,000946 *t*
m-Nitroanilin	$H_2NC_6H_4NO_2$	–160÷*t* nóng chảy	0,276 + 0,001000 *t*
p-Nitroanilin	$H_2NC_6H_4NO_2$	0÷55	0,236 + 0,00215 *t*
Nitronaftalen	$C_{10}H_7NO_2$	–180,4	0,233
Pentan	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	–250	0,017
Quinhidron	$C_{12}H_4O_2C_6H_4(OH)_2$	–225	0,061
		–200	0,098
		–100	0,191
		0	0,256

Tiếp bảng I.175

1	2	3	4
Quinon	$C_6H_4O_2$	−250	0,031
		−225	0,082
		−200	0,113
Rượu etylic (tinh thể)	CH_3CH_2OH	− 150÷t nóng chảy	0,282 + 0,0083 *t*
		− 190	0,232
		− 180	0,248
		− 160	0,282
		− 140	0,318
		− 130	0,376
Rượu etylic (trạng thái thủy tinh)	CH_3CH_2OH	− 190	0,260
		− 180	0,296
		− 175	0,380
		− 170	0,399
Rượu izopropylic	$CH_3CHOHCH_3$	−200÷ − 160	0,051 + 0,00165 *t*
Rượu propylic	$C_2H_5CH_2OH$	−200	0,170
		− 175	0,363
		− 150	0,471
		− 130	0,497
Sacaroza (đường mía)	$C_{12}H_{22}O_{11}$	20	0,299
Tetracloetilen	C_2Cl_4	−40÷0	0,198 + 0,00018 *t*
Tetril	$C_7H_5N_5O_8$	− 100	0,181
		−50	0,199
		0	0,212
		100	0,236
Toluen	$C_6H_5CH_3$	− 195,0	0,144
p-Toluidin	$CH_3C_6H_4NH_2$	0	0,337
		20	0,387
		40	0,440
Trifenylmetan	$(C_6H_5)_3CH_3$	0÷91	0,189 + 0,0027 *t*
Trimetylcacbinol	$C_4H_{10}O$	−4	0,559
Trimetyletilen	$(CH_3)_2C{=}CHCH_3$	− 180,5	0,238
		− 172	0,254
		− 165,7	0,266
Trinitrotoluen	$C_7H_5N_3O_6$	− 100	0,170
		−50	0,253
		0	0,311
		100	0,385
Trinitroxilen	$C_8H_7N_3O_6$	− 185÷ + 23	0,241
		20÷50	0,423
Ure	$(NH_2)_2CO$	20	0,320
Xiamelit	$C_3H_3N_3O_3$	40	0,263
Xianamit	CH_2N_2	20	0,547

Bảng I.176. **Nhiệt dung riêng của một số hợp chất hữu cơ ở trạng thái lỏng [30.95,37.755]**

Tên chất	Công thức	Nhiệt độ,°C	c_p, kcal/kg.độ
1	2	3	4
Alylaxetat	$C_5H_8O_2$	0	0,430
Alyl benzoat	$C_{10}H_{10}O_2$	20	0,388
Alyl butirat	$C_7H_{12}O_2$	20	0,451
Alyl clorua	$CH_2=CHCH_2Cl$	0	0,313
Alyl đicloaxetat	$C_5H_6Cl_2O_2$	20	0,322
Alyl izobutirat	$C_7H_{12}O_2$	20	0,448
Alyl monocloaxetat	$C_5H_7ClO_2$	20	0,396
Alyl propionat	$C_6H_{10}O_2$	20	0,451
Alyl tricloaxetat	$C_5H_5Cl_3O_2$	20	0,288
Alyl valerat	$C_8H_{14}O_2$	20	0,288
Amilen (penten-1)	$C_3H_7CH=CH_2$	0	0,282
Anđehit benzoic	C_6H_6CHO	22–172	0,428
Anđehit propinic	C_3H_6O	0	0,522
Anetol (*p*-propenyl anizon)	$CH_3CH-CHC_6H_4OCH_3$	22–333	0,511
		22,48	0,551
		24,59	0,564
		25–33	0,612
Anilin	$C_6H_5NH_2$	8–82	0,512
Axetat	$CH_3CH(OC_2H_5)_2$	0	0,467
Axetofenol	$C_6H_5COCH_3$	20–196	0,450
Axeton	$(CH_3)_2CO$	3–226	0,514
Axetonitril	CH_3CN	21-76	0,541
Axit *o*- aminobenzoic	$H_2NC_6H_4COOH$	t nóng chảy	0,435
Axit *p*- aminobenzoic	$H_2NC_6H_4COOH$	t nóng chảy	0,444
Axit axetic	CH_3COOH	26–95	0,522
Axit butiric	C_3H_7COOH	0	0,444
		40	0,501
		20–100	0,515
Axit caproic	$C_6H_{12}O_2$	29–105	0,531
Axit *o*- clobenzoic	$C_7H_5ClO_2$	0	0,390
Axit *m*- clobenzoic	$C_7H_5ClO_2$	0	0,265
Axit *p*- clobenzoic	$C_7H_5ClO_2$	t nóng chảy	0,545
Axit crotonic	C_3H_5COOH	71,4	0,500
Axit đicloaxetic	$CHCl_2COOH$	21–106	0,349
		21–196	0,348
Axit enantic	$C_6H_{13}COOH$	9	0,556
		0–98	0,680

111	2	3	4
Axit fomic	HCOOH	0	0,436
		15,5	0,509
		20–100	0,524
Axit izobutiric	C_3H_7COOH	20	0,450
Axit izovalerianic	$CH_3(CH_2)_3COOH$	20	0,463
		23–93	0,590
Axit lauric	$C_{11}H_{23}COOH$	40–100	0,572
		57	0,515
Axit miritic	$C_{13}H_{27}COOH$	56–100	0,539
Axit *p*-nitrobenzoic	$NO_2C_6H_4COOH$	t nóng chảy	0,449
Axit panmitic	$C_{15}H_{31}COOH$	65–104	0,653
Axit propinic	CH_3CH_2COOH	0	0,444
		20–137	0,560
Axit stearic	$C_{17}H_{35}COOH$	75–137	0,550
Benzen	C_6H_6	6-60	0,419
		10	0,340
		65	0,482
β- Benzofenol	$C_{13}H_{10}O$	3÷40	0,382
		0	0,346
Benzonitril	C_6H_5CN	22–186	0,441
Benzyl clorua	$C_6H_5CH_2Cl$	0	0,323
Benzyl etilen	C_9H_{10}	0	0,393
o- Bromclobenzen	C_6H_4BrCl	0	0,215
m- Bromclobenzen	C_6H_4BrCl	0	0,212
Bromfenol	C_6H_5BrO	18–77	0,316
o- Bromiotbenzen	C_6H_4BrI	0	0,153
		5–100	0,160
		3,2–64,0	0,157
		1,8–34	0,157
m- Bromiotbenzen	C_6H_4BrI	0	0,152
		5–100	0,158
		3,2–64,5	0,156
p- Bromiotbenzen	C_6H_4BrI	1,7–34,1	0,154
		1,7–36,2	0,149
Butan	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	0	0,549
Butironitril	$CH_3(CH_2)_2CH_2CN$	21–113	0,547
Butyl clorua	$CH_3(CH_2)_2CH_2Cl$	20	0,459
Butyl fomiat	$C_5H_{10}O_2$	20	0,459
Butyl propionat	$C_7H_{14}O_2$	20	0,459
Butyl valerat	$C_9H_{18}O_2$	20	0,459
Cacbon tetraclorua	CCl_4	0	0,198
		20	0,201
		30	0,200

Tiếp bảng I.176

1	2	3	4
Cacvacrol(2-metyl 5- izopropylfenol	CH_3 C_6H_3OH C_3H_7	24–233	0,575
Capronitril	$CH_3(CH_2)_4CN$	18–156	0,541
Clobenzen	C_6H_5Cl	0	0,273
		10	0,298
		20	0,308
Clofenol	C_6H_5ClO	0–20	0,399
Cloral	CCl_3CHO	17–53	0,250
Cloralhidrat	$CCl_3CH(OH)_2$	55–88	0,470
Clorofom	$CHCl_3$	0	0,232
		15	0,226
		30	0,2234
Clotoluen	C_7H_7Cl	0	0,315
o-Crezol	C_7H_8O	0–20	0,497
m- Crezol	C_7H_8O	21–197	0,551
cis- Decahidronaftalen	$C_{10}H_{18}$	15–18	0,393
Đecan, *t* sôi = 159°C	$C_{10}H_{22}$	21–154	0,588
t sôi = 162°C	$C_{10}H_{22}$	0–50	0,493
t sôi = 172°C	$C_{10}H_{22}$	0–50	0,500
Đexen-2	$CH_3(CH_2)_6CH{=}CHCH_3$	0–50	0,467
Đialyl oxalat	$C_8H_{10}O_4$	20	0,424
Đialyl xixinat	$C_{10}H_{14}O_4$	20	0,450
Điamilen	$C_{10}H_{20}$	20–130	0,543
o- Đibrombenzen	$C_6H_4Br_2$	0	0,179
m- Đibrombenzen	$C_6H_4Br_2$	0	0,175
o- Đibromxilen	$C_8H_8Br_2$	15–40	0,183
m- Đibromxilen	$C_8H_8Br_2$	15–40	0,184
p- Đibromxilen	$C_8H_8Br_2$	15–40	0,180
Đibutyloxalat	$C_{10}H_{18}O_4$	20	0,439
o- Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	0	0,269
m- Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	0	0,269
p- Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	53–99	0,297
Điclodiflometan	CCl_2F_2	–43	0,21
Điclometan	CH_2Cl_2	15–40	0,288
o- Điclođilen	$C_8H_8Cl_2$	15–40	0,283
m- Điclođilen	$C_8H_8Cl_2$	15–40	0,295
p- Điclođilen	$C_8H_8Cl_2$	15–40	0,282
Đietylamin	$(C_2H_5)_2NH$	22,5	0,516
Đietyl cacbonat	$(C_2H_5)_2CO_3$	0	0,245
		20–100	0,462

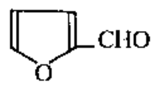
Tiếp bảng 1.176

1	2	3	4
Đietylmalat	$(C_2H_5)_2C_4H_4O_5$	24 – 186	0,473
Đietyl malonat	$C_7H_{12}O_4$	20	0,431
Đietyl oxalat	$C_6H_{10}O_4$	20	0,431
Đietyl sunfua	$(C_2H_5)_2S$	0	0,468
		5 – 10	0,470
		10 – 15	0,473
		20 – 70	0,477
Đietylxeton	$(C_2H_5)_2CO$	20 – 98,5	0,555
Đietylxuxinat	$C_8H_{14}O_4$	20	0,450
Đifenyl	$(C_6H_5)_2$	80	0,422
Đifenylamin	$(C_6H_5)_2NH$	54	0,437
		56	0,441
		66	0,480
Đifenylmetan	$(C_6H_5)_2CH_2$	37,5	0,390
Đihidronaftalen	$C_{10}H_{10}$	18-28	0,345
m-Điiobenzen	$C_6H_4I_2$	34,2 – 99,6	0,139
Điizoamyl	$C_{10}H_{22}$	21,5-165	0,588
Điizoamyl oxalat	$C_{12}H_{22}O_4$	20	0,447
Điizoamyl xuxinat	$C_{14}H_{26}O_4$	0	0,449
Điizobutylamin	$[(CH_3)_2CHCH_2)]_2NH$	22 – 130	0,569
Đimetylanilin	$C_6H_5N(CH_3)_2$	0 – 20	0,416
β-Đimetylnaftalen	$C_{12}H_{12}$	0	0,392
Đimetylpiron	$C_7H_8O_2$	166	0,547
m-Đinitrobenzen	$C_6H_4(NO_2)_2$	t nóng chảy	0,404
Đipropylamin	$(C_2H_5CH_2)_2NH$	22 – 100	0,597
Đipropyl malonat	$C_9H_{16}O_4$	20	0,431
Đipropyl oxalat	$C_8H_{14}O_4$	20	0,431
Đipropylxeton	$(C_2H_5CH_2)_2CO$	20 – 140	0,550
Đipropylxuxinat	$C_{10}H_{18}O_4$	20	0,450
Đodecan	$CH_3(CH_2)_{10}CH_3$	0	0,521
		14 – 20	0,505
		0 – 50	0,498
Đodexen-1	$CH_3(CH_2)_9CH=CH_2$	0 – 50	0,455
Ete etyl	$C_4H_{10}O$	– 100	0,511
		– 50	0,515
		– 5	0,525
		0	0,521
		30	0,545

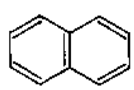
Tiếp bảng I.176

1	2	3	4
Ete etyl		80	0,687
		120	0,800
		140	0,819
		180	1,037
Ete fenylmetyl	C_7H_8O	0	0,405
		20–152	0,483
Ete propylfenyl	$C_3H_7OC_6H_5$	0	0,429
Etilen bromua	CH_2BrCH_2Br	8–95	0,182
		13–106	0,175
		20	0,173
Etilen clorua	$C_2H_4Cl_2$	–30	0,278
		20	0,299
		30	0,304
		50	0,313
		60	0,318
Etilenglicol	$C_2H_6O_2$	–11,1	0,535
		0	0,542
		2,5	0,550
		5,1	0,554
		14,9	0,569
		19,9	0,573
Etylaxetat	$C_4H_8O_2$	20	0,457
		20-100	0,476
Etylaxetoaxetat	$C_6H_{10}O_3$	0	0,428
Etylaxetoaxetat	$C_6H_{10}O_3$	20–100	0,476
Etylbenzen	$C_6H_5C_2H_5$	0	0,392
		30	0,407
Etylbenzoat	$C_9H_{10}O_2$	20	0,387
Etyl bromua	C_2H_5Br	– 100	0,194
		–20	0,206
		5–10	0,216
		10–15	0,213
		15–20	0,214
Etylbutirat	$C_6H_{13}O_2$	0	0,457
Etylcloaxetat	$C_4H_7ClO_2$	9–138	0,416
		20	0,397
Etyl clorua	C_2H_5Cl	–28÷+4	0,426
		0	0,367
Etyl dicloaxetat	$C_4H_6Cl_2O_2$	20	0,328
Etyl fomiat	$C_3H_6O_2$	14–49	0,508
		–20÷+14	0,454

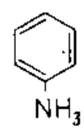
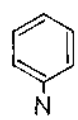
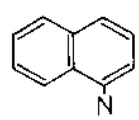
Tiếp bảng 1.176

1	2	3	4
Etyl iodua	C_2H_5I	−30	0,156
		0	0,161
		60	0,171
Etyl izobutirat	$C_6H_{12}O_2$	20	0,457
Etyl propionat	$C_5H_{10}O_2$	20	0,457
Etyl tricloaxetat	$C_4H_5ClO_2$	10−81	0,294
		9−139	0,305
		−20	0,284
Etyl valerat	$C_7H_{14}O_2$	20	0,457
Fenetol	$C_8H_{10}O$	20	0,446
Fenyl bromua	C_6H_5Br	0	0,215
		20−100	0,231
		16,9−65	0,239
Fomamit	$HCONH_2$	19	0,549
Fufurol		20−100	0,416
Giả cumol (1,2,4-trimetylbenzen)	$C_6H_3(CH_3)_3$	20	0,414
Glixerin	$(CH_2OH)_2CHOH$	15−50	0,576
Heptan	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	0−50	0,507
Heptan	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	20	0,490
		30	0,518
Heptandehit	$C_7H_{14}O$	0	0,364
Hepten-1	$CH_3(CH_2)_4CH = CH_2$	0−50	0,486
Hexadecan	$C_{16}H_{34}$	0−50	0,496
Hexadien-1,5	C_6H_{10}	0	0,405
o- Hexahidrocrezol	$CH_3C_6H_{10}OH$	15−18	0,416
m- Hexahidrocrezol	$CH_3C_6H_{10}OH$	15−18	0,420
p- Hexahidrocrezol	$CH_3C_6H_{10}OH$	15−18	0,421
Hexan	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	0−50	0,527
		20−100	0,600
Hexen-1	$CH_3(CH_2)_3CH = CH_2$	0−50	0,504
Izoamylamin	$(CH_3)_2CH(CH_2)_2NH_2$	22−91	0,614
Izoamyl axetat	$C_7H_{14}O_2$	20	0,459
Izoamyl butirat	$C_9H_{18}O_2$	20	0,459
Izoamyl fomiat	$C_6H_{12}O_2$	16−65	0,509
Izoamyl izobutirat	$C_9H_{18}O_2$	20	0,459
Izoamyl propionat	$C_8H_{16}O_2$	20	0,459
Izoamyl valerat	$C_{10}H_{20}O_2$	20	0,459
Izobutan	C_4H_{10}	0	0,549
Izobutyl axetat	$C_6H_{12}O_2$	20	0,459
Izobutyl butirat	$C_8H_{16}O_2$	20	0,459

Tiếp bảng I.176

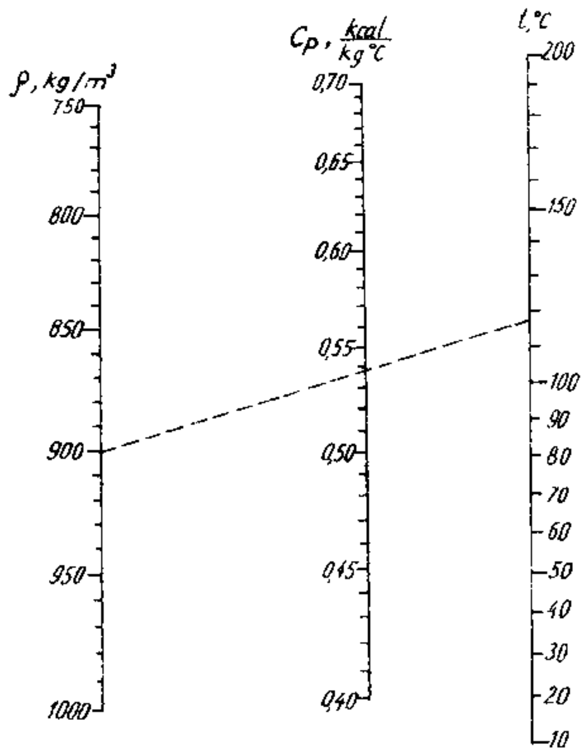
1	2	3	4
Izobutyl xuxinat	$C_{12}H_{22}O_4$	0	0,442
Izoheptan(2-metylhexan)	$(CH_3)_2CH(CH_2)_3CH_3$	0−50	0,501
Izopentan(2-metylmetan)	$(CH_3)_2CHCH_2CH_3$	0	0,512
		8	0,527
Metilen clorua	CH_2Cl_2	15−40	0,288
Metylal	$C_3H_8O_2$	15−41	0,521
Metylanilin	$C_6H_5NHCH_3$	12−197	0,512
Metylaxetat	$C_3H_6O_2$	15	0,468
Metylbenzoat	$C_8H_8O_2$	0	0,363
Metylbutirat	$C_5H_{10}O_2$	20	0,459
Metylbutylxeton	$CH_3COC_4H_9$	21−127	0,553
Metylcloaxetat	$C_3H_5ClO_2$	20	0,382
Metyldicloaxetat	$C_3H_4Cl_2O_2$	20	0,311
Metyletylxeton	C_4H_8O	20−78	0,549
Metyletylxetoxim	C_4H_9NO	21,8−151,5	0,650
Metyl fomiat	$C_2H_4O_2$	13−29	0,516
Metylhexylxeton	$CH_3COC_6H_{13}$	22−168	0,552
Metylizobutylxeton	$CH_3COC_4H_9$	20	0,549
Metylizopropylxeton	$CH_3COC_3H_7$	20−91	0,525
Metyl propionat	$C_4H_8O_2$	20	0,459
Metyl tricloaxetat	$C_3H_3Cl_3O_2$	20	0,267
Metyl valerat	$C_6H_{12}O_2$	20	0,459
o- Metylxiclohexanon	$CH_3C_6H_9O$	15−18	0,436
m- Metylxiclohexanon	$CH_3C_6H_9O$	15−18	0,441
p- Metylxiclohexanon	$CH_3C_6H_9O$	15−18	0,441
Mezitilen(1,3,5-trimetylbenzen)	$C_6H_3(CH_3)_3$	0	0,393
Mezityl oxit	$(CH_3)_2C=CHCOCH_3$	21−121	0,521
Naftalen		87,5	0,402
α- Naftylamin	$C_{10}H_7NH_2$	53,2	0,475
		94,2	0,476
Nitrobenzen	$C_6H_5NO_2$	10	0,358
		30	0,339
		50	0,330
		70	0,330
		90	0,343
Nitrometan	CH_3NO_2	120	0,394
α- Nitronaftalen	$C_{10}H_7NO_2$	17	0,412
		58,6	0,365
		61,4	0,378
Nonan	$CH_3(CH_2)_7CH_3$	94,3	0,390
Nonen-1	$CH_3(CH_2)_6CH=CH_2$	0−50	0,503
Octan	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	0−50	0,485

Tiếp bảng I.176

1	2	3	4
Octen-1	$CH_3(CH_2)_5CH=CH_2$	0–50	0,505
Parandehit	$(CH_3CHO)_3$	0–50	0,488
Pentadecan	$CH_3(CH_2)_{13}CH_3$	0	0,436
Pentadecen-1	$CH_3(CH_2)_{12}CH=CH_2$	0–50	0,497
Pentan	CH_2 $CH_3(CH_2)_3CH_3$	0–50	0,471
		–123,3	0,465
		–87,7	0,473
		–42,0	0,494
		1,6	0,528
		18	0,540
α-Picolin	C_6H_7N	20–152	0,483
Piperidin		20–98	0,523
Piridin		20	0,405
		21–108	0,431
		0–20	0,395
Propan	C_3H_8	0	0,576
Propionitril	C_2H_5CN	0	0,508
		19–95	0,538
Propyl axetat	$C_5H_{10}O_2$	20	0,459
Propyl benzen	$C_6H_5C_3H_7$	0	0,400
Propyl benzoat	$C_{10}H_{12}O_2$	20	0,398
Propyl butirat	$C_7H_{14}O_2$	20	0,459
Propyl cloaxetat	$C_5H_9ClO_2$	20	0,414
Propyl dicloaxetat	$C_5H_8Cl_2O_2$	20	0,341
Propyl fomiat	$C_4H_8O_2$	20	0,450
Propyl izobutirat	$C_7H_{14}O_2$	20	0,459
Propyl propionat	$C_6H_{12}O_2$	20	0,459
Propyl tricloaxetat	$C_5H_7Cl_3O_2$	20	0,297
Propyl valerat	$C_8H_{16}O_2$	20	0,459
Quinolin		0–20	0,352
Rượu alylic	$CH_2=CHCH_2OH$	0	0,386
Rượu d-amylic bậc	$C_2H_5CH(CH_3)CH_2OH$	22–125	0,711
nhất Rượu amylic bậc	$C_2H_5CH(CH_3)CH_2OH$	20–99	0,753
ba Rượu benzylic	$C_6H_5CH_2OH$	20–100	0,511
		22–200	0,540
Rượu butylic	$C_3H_7CH_2OH$	21–115	0,687
		30	0,582
Rượu etylic	C_2H_5OH	20	0,505

Tiếp bảng 1.176

1	2	3	4
Rượu izoamylic	$C_4H_7CH_2OH$	0	0,502
		20	0,535
		30	0,570
		47,9	0,662
Rượu izoamylic	$C_4H_7CH_2OH$	10–117	0,693
		21–130	0,695
		75,5	0,688
Rượu izobutylic	$C_3H_5CH_2OH$	21–108	0,716
Rượu metylic	CH_3OH	5–10	0,590
1,1,2,2-Tetracloetan	$C_2H_2Cl_4$	20	0,268
Tetracloetilen	$CCl_2{=}CCl_2$	20	0,216
o-Tetracloxilen	$C_8H_6Cl_4$	15–40	0,240
p-Tetracloxilen	$C_8H_6Cl_4$	15–40	0,242
Tetradecan	$CH_3(CH_2)_{12}CH_3$	0–50	0,497
Tetraetyl silicat m-Timol	$C_8H_{20}SiO_4$	15–98	0,424
Toluen	$C_{10}H_{14}O$	50	0,566
	$C_6H_5CH_3$	10	0,364
		85	0,534
o-Toluiđin	C_7H_9N	12–99	0,440
		0	0,454
		22–195	0,598
p-Toluiđin	C_7H_9N	40,5	0,498
		43	0,524
		58	0,634
Tricloetan		94	0,533
Tricloetilen	$C_2H_3Cl_3$	20	0,266
Triđecan	$CHCl{=}CCl_2$	20	0,233
Triđexen-1	$CH_3(CH_2)_{11}CH_3$	0–50	0,499
2,4,6-Trinitrotoluen	$CH_3(CH_2)_{10}CH{=}CH_2$	0–50	0,475
Valeronitril	$CH_3C_6H_2(NO_2)_3$	–	0,335
Xalixylanđehit	$CH_3(CH_2)_3CN$	23–121	0,520
Xalol(fenylxalixilat)	HOC_6H_4CHO	18	0,382
Xiclohexanol	$HOC_6H_4COOC_6H_5$	44,1	0,391
Xiclohexanon	$C_6H_{11}OH$	15–18	0,416
o-Xilen	$C_6H_{10}O$	15–18	0,431
	$C_6H_4(CH_3)_2$	30	0,411
m-Xilen		39	0,450
	$C_6H_4(CH_3)_2$	0	0,383
		9–40	0,040
		16–35	0,387
p-Xilen		30	0,401
	$C_6H_4(CH_3)_2$	0	0,383
		30	0,397
o-Ximol		40,8	0,428
	$C_{10}H_{14}$	0	0,398



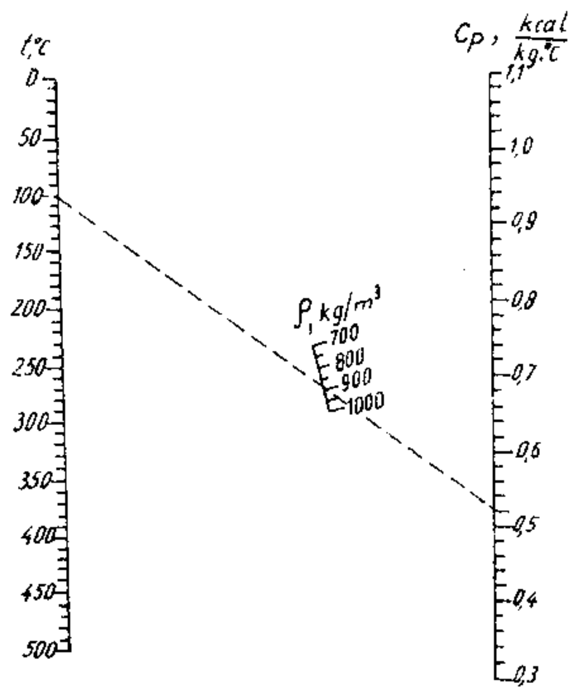
Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của khối lượng riêng và nhiệt độ hỗn hợp, kẻ một đường thẳng cắt thang chia nhiệt dung riêng c_p. Giao điểm nhận được cho giá trị của c_p cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1kcal/kg độ = $4.1868.10^3$J/kg độ.

Hình I.55. **Toán đồ để xác định nhiệt dung riêng của các hỗn hợp dầu mỏ ở trạng thái lỏng [49.137]**



Cách dùng: Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và khối lượng riêng, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt dung riêng c_p. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của c_p cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Chuyển đổi đơn vị:

1 kcal/kg.độ = $4.1868.10^3$ J/kg độ.

Hình I.56. **Toán đồ để xác định nhiệt dung riêng của các hiđrocacbon lỏng [49.138]**

Bảng I.177. **Nhiệt dung riêng của một số chất ở trạng thái khí [37.764]**

Tên chất	Công thức	Nhiệt độ,°C	c_p, J/kg.độ	c_p/c_v
1	2	3	4	5
Các đơn chất và hợp chất vô cơ				
Agon	Ar	-180	557	1,76
		0	-	1,67
		15	517	1,668
Amoniac	NH_3	15	2225	1,310
		100	-	1,28
		300	-	1,319
Brom	Br_2	19-388 (0,3-1,5 at)	230	-
		20-350 (0,3-1,5 at)	-	1,32
Cacbon đioxit	CO_2	-15	881	1,28
		0	-	1,307
		100	-	1,27
		300	-	1,217
Cacbon đisunfua	CS_2	80-190	658	-
Cacbon oxit	CO	-180	1087	1,41
		15	1037	1,404
		300	-	1,379
Clo	Cl_2	15	482	1,355
		300	-	1,297
Đihiđro sunfua	H_2S	-57	1223	1,29
		-45	1168	1,30
		15	1060	1,32
		10-190	1019	-
		300	-	1,28
Đinitơ oxit	N_2O	-70	796	1,34
		-30	836	1,32
		0	-	1,31
		15	854	1,303
		25-100	887	-
		100	-	1,277
		300	-	1,209
Đixianogen	$(CN)_2$	15	1714	1,254
Heli	He	-180	5234	1,66
		15	5234	1,66

Tiếp bảng I.177

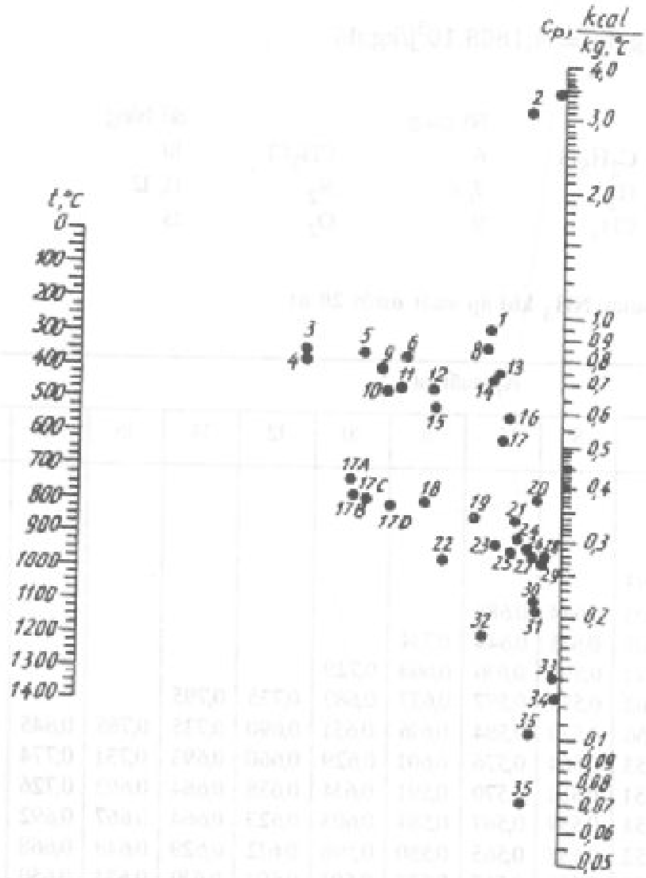
1	2	3	4	5
Hiđro	H_2	−185	–	1,605
		−181	10300	1,579
		−118	–	1,480
		−76	13188	1,453
		−21	–	1,420
		15	14189	1,410
		100	14356	1,404
		200	14499	1,398
		400	14792	1,387
		600	15081	1,377
		800	15374	1,367
		1000	15663	1,358
		2000	17116	1,318
Hiđro bromua	HBr	11–110	343	–
		18-25	–	1,42
Hiđro clorua	HCl	15	812	1,41
		10–190	775	–
		100	–	1,40
Hiđro iodua	HI	20–100	–	1,40
Hiđro xianua	HCN	65	–	1,31
Iot	I_2	185	–	1,30
		206–377	142,4	–
Iot clorua	ICl	100	–	1,31
Kali	K	800	–	1,64
		850	–	1,77
		760–1000	–	1,7
Không khí		−180	–	1,448
		0	–	1,4032
		100	–	1,399
		400	1017	1,393
		1000	1076	1,365
		1400	1130	1,341
		1800	1193	1,316
Kripton	Kr	15	251,2	1,67
Lưu huỳnh đioxit	SO_2	15	216,0	1,29
		10–190	561,0	–
		20	–	1,27
Neon	Ne	15	1038	1,68
Nitơ	N_2	−181	1072	1,47
		15	1163	1,404
		300	–	1,384

Tiếp bảng I.177

1	2	3	4	5
Nitơ dioxit	NO_2	27–67	6783	–
	NO	–80	1024	1,38
		–45	1000	1,39
		15	975	1,40
		10–180	971	–
		300	–	1,365
Nước (hơi)	H_2O	100	–	1,324
		200	–	1,310
		300	–	1,304
		400	–	1,301
		500	–	1,296
Oxi	O_2	–181	957	1,45
		–76	897	1,415
		15	912	1,401
		100	913	1,399
		200	916	1,396
		400	927	1,391
		600	938	1,383
		800	954	1,375
		1000	973	1,365
		2000	1117	1,303
Photpho	P	300	–	1,17
Photpho triclorua	PCl_3	110–250	565,0	–
Silic tetraclorua	$SiCl_4$	90–230	553,0	
Thiếc tetraclorua	$SnCl_4$	149–273	393,0	
Thủy ngân	Hg	360		1,666
		(0,5–1 at)		
Xenon	Xe	15	159,1	1,7
		Các hợp chất hữu cơ		
Amilen(penten-1)	$CH_2=CH(CH_2)_2CH$	210	2642	
Andehit axetic	CH_3CHO			
(axetandehit)		30		1,14
Axetilen	$CH\equiv CH$	–71	1465	1,31
		15	1604	1,26
Axeton	$(CH_3)_2CO$	130–230	1725	–
Axit axetic	CH_3COOH	118–140	6280	–
		136	–	1,15
		140–180	5317	–
Benzen	C_6H_6	100	–	1,10
		120–220	1549	–

Tiếp bảng 1.177

1	2	3	4	5
Cacbon tetraclorua	CCl_4	20 (0,1 at)	...	1,13
		30 (0,1 at)	553	...
		70 (0,1 at)	482	...
Clorofom	$CHCl_3$	100	...	1,15
		120–230	657	...
Đimetylamin	$(CH_3)_2NH$	18–25	...	1,149
Etan	CH_3CH_3	–82	1455	1,28
		15	1617	1,22
Ete		50	–	1,21
axetatetyl (etylaxetat)	$CH_3COOC_2H_5$	80–189	1554	...
dietyl	$(C_2H_5)_2O$	35	1863	1,08
		35–189	1934	...
dimetyl	$(CH_3)_2O$	6–30	...	1,11
Etilen	$CH_2=CH_2$	–91	1292	1,35
		15	1504	1,255
		15–100	1671	...
		100	...	1,18
Etilen clorua		25–200	1800	...
(1,2-dicloetan)	CH_2ClCH_2Cl	111–121	963	
Etylamin	$C_2H_5NH_2$	18–25	...	1,135
Etyl bromua	C_2H_5Br	38–116	674	...
		14(0,3at)	...	1,19
Etyl clorua	C_2H_5Cl	16	...	1,19
		100–170	1151	...
		(0,3–0,5at)		
Metan	CH_4	–115	1885	1,41
		–74	2085	1,35
		15	2212	1,31
		10–200	2483	...
Metylamin	CH_3NH_2	18–25	...	1,149
Propan propionitril	$CH_3CH_2CH_3$	16 (0,5 at)	...	1,13
Rượu etylic	CH_3CH_2CN	114–223	1784	...
	CH_3CH_2OH	90	1700	1,13
		100–223	1901	...
Rượu izopropylic	$(CH_3)_2CHOH$	100	...	1,50
Rượu metylic	CH_3OH	77	1633	1,203
		100	...	1,26
Rượu propylic	$C_2H_5CH_2OH$	100–223	1918	...
		100	...	1,27
Trimetylamin	$(CH_3)_3N$	18–25	...	1,184



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với nhiệt độ đã cho và số ký hiệu của chất khí (xem bảng dưới đây), kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt dung riêng c_p. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của c_p cần tìm.

Chuyển đổi đơn vị:
1 kcal/kg.độ = 4,1868 J/kg.độ

***Hình I.57.* Toán đồ để xác định nhiệt dung riêng của các chất khí ở áp suất khí quyển [30.101]**

Chất khí	Điểm	Giới hạn nhiệt độ, °C	Chất khí	Điểm	Giới hạn nhiệt độ, °C
Amoniac	12	0–600	Etan	9	200–600
	14	600–1400		8	600–1400
Axetilen	10	0–200	Etilen	4	0–200
	15	200–400		11	200–600
	16	400–1400		13	600–1400
Cacbon đioxit CO_2	18	1–400	Freon-11	17B	0–150
	24	400–1400	Freon-21	17C	0–150
Cacbon oxit CO	26	0–1400	Freon-22	17A	0–150
	32	0–200	Freon-113	17D	0–150
	34	200–1400	Hiđro	1	1–600
Đihiđro sunfua H_2S	19	0–700		2	600–1400
Etan	3	0–200	Hiđro bromua	35	0–1400
Hiđro clorua	30	0–1400	Metan	5	0–300
Hiđro florua	20	0–1400		6	300–700
Hiđro iođua	36	0–1400		7	700–1400
Hơi nước	17	0–1400	Nitơ	26	0–1400
Không khí	27	0–1400	Nitơ oxit	25	0–700
Lưu huỳnh	33	300–1400		28	700–1400
Lưu huỳnh đioxit SO_2	22	0–400	Oxi	23	0–500
	31	400–1400		29	500–1500

Bảng I.178. **Nhiệt dung của các chất khí phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất (c_p , kcal/kg.độ) [37.769]**

Chuyển đổi đơn vị: 1 kcal/kg.độ = $4{,}1868.10^3$j/kg.độ

Chỉ dẫn

	Số bảng		Số bảng		Số bảng
NH_3	1, 2	C_2H_5Cl	6	CH_3Cl	10
CO_2	3	H_2	7, 8	N_2	11, 12
CO	4, 5	CH_4	9	O_2	13

Số 1 **Amoniac NH_3 khi áp suất dưới 20 at**

t,°C	Áp suất, at													
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
-30	0,483	0,551												
-20	0,486	0,534												
-10	0,489	0,525	0,570											
0	0,492	0,519	0,553	0,593	0,693									
10	0,495	0,517	0,543	0,572	0,606	0,644	0,686							
20	0,499	0,516	0,536	0,559	0,585	0,613	0,644	0,714						
30	0,502	0,517	0,533	0,551	0,571	0,592	0,616	0,668	0,729					
40	0,506	0,518	0,532	0,546	0,562	0,579	0,597	0,637	0,683	0,735	0,795			
50	0,510	0,520	0,531	0,543	0,556	0,570	0,584	0,616	0,651	0,690	0,735	0,785	0,845	0,917
60	0,514	0,523	0,532	0,542	0,553	0,564	0,576	0,601	0,629	0,660	0,693	0,731	0,774	0,824
70	0,518	0,526	0,534	0,542	0,551	0,561	0,570	0,591	0,614	0,638	0,664	0,693	0,726	0,762
80	0,522	0,529	0,536	0,543	0,554	0,559	0,567	0,584	0,603	0,623	0,664	0,667	0,692	0,719
90	0,526	0,532	0,539	0,545	0,552	0,558	0,565	0,580	0,596	0,612	0,629	0,648	0,668	0,689
100	0,531	0,536	0,541	0,547	0,553	0,559	0,565	0,577	0,591	0,604	0,619	0,634	0,650	0,667
110	0,535	0,540	0,545	0,550	0,555	0,560	0,565	0,576	0,587	0,599	0,611	0,624	0,638	0,652
120	0,539	0,544	0,548	0,553	0,557	0,562	0,566	0,576	0,586	0,596	0,606	0,617	0,629	0,640
130	0,544	0,548	0,552	0,556	0,560	0,564	0,568	0,576	0,585	0,594	0,603	0,612	0,622	0,632
140	0,549	0,552	0,556	0,559	0,563	0,566	0,570	0,578	0,585	0,593	0,601	0,609	0,618	0,626
150	0,553	0,556	0,560	0,563	0,566	0,569	0,573	0,579	0,586	0,593	0,600	0,607	0,615	0,622
t_s, °C		−33,35	−18,57	−8,91	−1,54	4,50	9,67	18,27	25,34	31,40	37,74	41,52	45,88	49,89
c_p ở t_s		0,559	0,594	0,621	0,646	0,668	0,668	0,724	0,758	0,789	0,820	0,851	0,884	0,919

Số 2 **Amoniac NH_3 khi áp suất trên 20 at**

t,°C	Áp suất, at													
	20	40	60	80	100	125	150	200	300	400	500	600	800	1000
150	0,622	0,694	0,841	1,019	1,236	2,000	2,63	2,04	1,552	1,330	1,194	1,159	1,030	0,977
175	0,618	0,682	0,770	0,870	0,989	1,717	1,665	2,53	1,622	1,358	1,242	1,152	1,030	0,977
200	0,618	0,659	0,723	0,800	0,882	1,019	1,123	1,665	1,670	1,370	1,229	1,148	1,023	0,977
225	0,618	0,653	0,705	0,753	0,818	0,882	0,959	1,206	1,511	1,346	1,211	1,135	1,023	0,971
250	0,624	0,659	0,688	0,729	0,770	0,824	0,876	1,006	1,300	1,300	1,194	1,123	1,023	0,971
275	0,629	0,659	0,688	0,717	0,753	0,789	0,824	0,912	1,140	1,200	1,159	1,106	1,023	0,971
300	0,635	0,659	0,682	0,711	0,735	0,770	0,800	0,865	1,023	1,123	1,111	1,082	1,019	0,971

Tiếp bảng I.178

Số 3 **Cacbon đioxit CO_2**

t, °C	Áp suất, at										
	0,01	0,1	0,4	0,7	1	4	7	10	40	70	100
−50	0,18197	0,18245	0,18046	1,18576	0,1876						
0	0,19532	0,19556	0,19624	0,19694	0,1976	0,2045	0,2115	0,2187			
50	0,20775	0,20786	0,20825	0,20863	0,2090	0,2129	0,2169	0,2210	0,288	0,394	0,616
100	0,21893	0,21900	0,21924	0,21948	0,2197	0,2221	0,2246	0,2271	0,256	0,295	0,348
150	0,22893	0,22898	0,22913	0,22929	0,2294	0,2311	0,2327	0,2344	0,2529	0,2738	0,2963
200	0,23790	0,23793	0,23805	0,23816	0,2383	0,2394	0,2406	0,2418	0,2540	0,2648	0,2716
250	0,24600	0,24602	0,24611	0,24619	0,2464	0,2471	0,2480	0,2489	0,2583	0,2682	0,2774
300	0,25334	0,25335	0,25342	0,25384	0,2535	0,2542	0,2549	0,2556	0,2627	0,2705	0,2785
350	0,26001	0,26003	0,26008	0,26013	0,2602	0,2607	0,2613	0,2618	0,2674	0,2733	0,2795
400	0,26611	0,26612	0,26617	0,26621	0,2662	0,2667	0,2671	0,2675	0,2720	0,2707	0,2817
450	0,27468	0,27070	0,27173	0,27176	0,2718	0,2721	0,2725	0,2729	0,2765	0,2803	0,2842
500	0,27677	0,27678	0,27681	0,27684	0,2769	0,2771	0,2775	0,2778	0,2808	0,2838	0,2869
600	0,28562	0,28563	0,28565	0,28567	0,2857	0,2859	0,2861	0,2863	0,2885	0,2906	0,2927
700	0,29309	0,29310	0,29312	0,29313	0,2931	0,2933	0,2934	0,2936	0,2953	0,2968	0,2983
800	0,2994	0,2994	0,2994	0,2994	0,2994	0,2995	0,2997	0,2998	0,3011	0,3023	0,3034
900	0,3046	0,3046	0,3046	0,3046	0,3046	0,3048	0,3049	0,3050	0,3060	0,3070	0,3079
1000	0,3092	0,3092	0,3092	0,3092	0,3092	0,3093	0,3093	0,3095	0,3103	0,3111	0,3118
1100	0,3130	0,3130	0,3130	0,3130	0,3130	0,3130	0,3131	0,3132	0,3339	0,3146	0,3152
1200	0,3162	0,3162	0,3162	0,3162	0,3162	0,3163	0,3163	0,3164	0,370	0,31761	0,3181

Số 4 **Cacbon oxit CO khi áp suất dưới 10 at**

P, at	Nhiệt độ, °C											
	-50	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
0,01	0,2484	0,2485	0,2489	0,2497	0,2511	0,2530	0,2554	0,2582	0,2612	0,2643	0,2675	0,2706
0,1	0,2485	0,2486	0,2489	0,2497	0,2511	0,2530	0,2554	0,2584	0,2612	0,2643	0,2675	0,2706
1	0,2493	0,2491	0,2492	0,2500	0,2513	0,2531	0,2555	0,2582	0,2612	0,2643	0,2675	0,2707
10	0,2571	0,2539	0,2526	0,2524	0,2531	0,2546	0,2566	0,2592	0,2620	0,2650	0,2681	0,2717

Tiếp bảng I.178

Nhiệt dung riêng của các chất khí phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất (c_p, kcal/kg.độ)

Số 5 **Cacbon oxit CO khi áp suất trên 25 at**

P, at	Nhiệt độ, °C										
	−70	−50	−25	0	25	50	100	150	200	300	400
25	0,271	0,266	0,263	0,260	0,258	0,257	0,256	0,256	0,257	0,261	0,266
50	0,297	0,287	0,278	0,272	0,268	0,262	0,260	0,260	0,260	0,263	0,268
75	0,327	0,308	0,294	0,284	0,278	0,273	0,268	0,264	0,264	0,265	0,269
100	0,359	0,330	0,309	0,296	0,287	0,281	0,273	0,269	0,267	0,267	0,271
150	0,412	0,366	0,333	0,314	0,301	0,292	0,281	0,275	0,272	0,271	0,273
200	0,441	0,386	0,347	0,325	0,310	0,300	0,287	0,280	0,276	0,274	0,275
300	0,455	0,397	0,356	0,333	0,318	0,307	0,294	0,287	0,283	0,279	0,280
400	0,455	0,392	0,353	0,333	0,318	0,309	0,297	0,291	0,287	0,282	0,283
500	0,436	0,386	0,350	0,331	0,318	0,309	0,298	0,292	0,289	0,285	0,286
600	0,438	0,387	0,350	0,330	0,316	0,308	0,297	0,293	0,290	0,287	0,289
800	0,445	0,392	0,350	0,327	0,313	0,305	0,295	0,293	0,291	0,291	0,294
1000	0,449	0,394	0,351	0,326	0,310	0,302	0,293	0,292	0,292	0,294	0,297
1100	0,450	0,395	0,351	0,326	0,309	0,301	0,292	0,291	0,292	0,294	0,298
1200	0,451	0,395	0,352	0,325	0,308	0,299	0,291	0,291	0,292	0,295	0,299

Số 6 **Etyl clorua C_2H_5Cl**

P, at	Nhiệt độ, °C				
	−30	0	40	80	110
0,137	0,21	0,220	0,239	0,253	0,270
1,37			0,244	0,261	0,28
2,74			0,246	0,270	

Nhiệt dung riêng của các chất khí phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất (c_p, kcal/kg.độ)

Số 7 **Hidro H_2 khi áp suất dưới 10 at**

P, at	Nhiệt độ, °C											
	−250	−200	−150	−100	−50	0	50	100	150	200	250	300
0	2,464	2,524	2,839	3,128	3,300	3,393	3,437	3,455	3,464	3,467	3,471	3,375
1	2,611	2,5241	2,844	3,131	3,302	3,394	3,438	3,456	3,465	3,468	3,471	3,475
10		2,690	2,883	3,151	3,315	3,401	3,442	3,458	3,467	3,470	3,473	3,477

Tiếp bảng I.178

Số 8 **Hiđro H_2 khi áp suất trên 25 at**

P, at	Nhiệt độ,°C										
	−75	−50	−25	0	25	50	100	200	300	400	500
25	3,27	3,34	3,38	3,42	3,44	3,45	3,47	3,48	3,48	3,49	3,51
50	3,31	3,37	3,40	3,43	3,45	3,46	3,48	3,48	3,49	3,50	3,51
75	3,34	3,39	3,42	3,45	3,47	3,48	3,49	3,49	3,49	3,50	3,51
100	3,37	3,42	3,44	3,46	3,48	3,49	3,49	3,49	3,49	3,50	3,51
150	3,43	3,46	3,48	3,49	3,50	3,50	3,51	3,50	3,50	3,50	3,52
200	3,48	3,50	3,50	3,54	3,52	3,52	3,52	3,50	3,50	3,51	3,52
300	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,54	3,54	3,52	3,51	3,51	3,52
400	3,59	3,58	3,57	3,57	3,57	3,56	3,55	3,52	3,52	3,52	3,53
500	3,61	3,60	3,59	3,59	3,58	3,57	3,56	3,53	3,52	3,52	3,53
600	3,63	3,62	3,60	3,60	3,59	3,58	3,57	3,54	3,53	3,53	3,53
800	3,66	3,64	3,62	3,61	3,60	3,60	3,58	3,55	3,53	3,53	3,54
1000	3,68	3,66	3,64	3,63	3,61	3,60	3,59	3,55	3,54	3,54	3,54
1100	3,70	3,67	3,64	3,63	3,62	3,60	3,59	3,55	3,54	3,54	3,54
1200	3,70	3,67	3,64	3,63	3,62	3,61	3,59	3,55	3,54	3,54	3,54

Nhiệt dung riêng của các chất khí phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất (c_p, kcal/kg.độ)

Số 9 **Metan CH_4**

P, at	Nhiệt độ,°C								
	−70	−50	−25	0	25	50	100	150	200
10	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,550	0,588	0,625	0,669
20	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,594	0,625	0,669
30	0,675	0,625	0,582	0,575	0,569	0,575	0,606	0,625	0,669
40	0,950	0,700	0,637	0,600	0,588	0,588	0,612	0,637	0,675
50	1,050	0,831	0,688	0,625	0,606	0,606	0,625	0,644	0,681
60	1,212	0,906	0,756	0,662	0,625	0,625	0,637	0,650	0,681
80	1,256	1,012	0,862	0,756	0,662	0,544	0,656	0,669	0,694
100	1,031	1,012	0,975	0,831	0,700	0,675	0,662	0,681	0,700
120	0,787	0,906	1,050	0,875	0,744	0,700	0,694	0,694	0,718
140	0,669	0,800	1,087	0,906	0,806	0,725	0,706	0,712	0,719
160	0,618	0,737	1,056	0,912	0,844	0,750	0,719	0,725	0,731
180	0,582	0,706	0,981	0,912	0,881	0,775	0,737	0,737	0,737
200	0,550	0,675	0,856	0,900	0,894	0,787	0,744	0,744	0,744
250	0,500	0,618	0,787	0,875	0,875	0,819	0,762	0,762	0,762
300	0,468	0,575	0,737	0,837	0,844	0,825	0,769	0,769	0,769
400	0,431	0,532	0,681	0,775	0,787	0,787	0,775	0,775	0,775
500	0,418	0,506	0,650	0,744	0,769	0,775	0,775	0,775	0,775
600	0,412	0,506	0,644	0,725	0,756	0,769	0,769	0,769	0,769
800	0,412	0,506	0,637	0,700	0,731	0,750	0,750	0,750	0,750
1000	0,412	0,500	0,625	0,688	0,719	0,737	0,737	0,737	0,737

Tiếp bảng I.178

Số 10 **Metyl clorua CH_3Cl**

P, at	Nhiệt độ, °C				
	−30	0	30	70	110
0,68	0,202	0,21	0,215	0,227	0,231
2,72			0,222	0,229	0,239
5,46			0,229	0,239	0,246
8,2			0,241	0,249	0,256

Số 11 **Nitơ N_2 khi áp suất dưới 100 at**

t, °C	Áp suất, at										
	0,01	0,1	0,4	0,7	1,0	4	7	10	40	70	100
−150	0,24833	0,24862	0,24891	0,25067	0,25175	0,2644					
−100	0,24832	0,24844	0,24886	0,24929	0,25012	0,25407	0,25874	0,26376			
−50	0,24833	0,24841	0,24863	0,24885	0,24908	2,25136	0,25372	0,25614	0,28271	0,3120	0,342
0	0,24839	0,24843	0,24858	0,24871	0,24885	0,25026	0,26169	0,25314	0,26794	0,2827	0,296
50	0,24859	0,24863	0,24872	0,24882	0,24891	0,24986	0,25082	0,25178	0,26173	0,2705	0,2789
100	0,24909	0,24912	0,24918	0,24925	0,24932	0,25001	0,25069	0,25138	0,25812	0,26453	0,2704
150	0,25002	0,25003	0,25008	0,25013	0,25019	0,25070	0,25120	0,25173	0,25675	0,26149	0,26587
200	0,25141	0,25143	0,25146	0,25150	0,25154	0,25195	0,25234	0,25275	0,25665	0,26027	0,26368
250	0,25327	0,25329	0,25331	0,25335	0,25338	0,25370	0,25402	0,25436	0,25741	0,26032	0,26305
300	0,25553	0,25553	0,25556	0,25559	0,25561	0,25588	0,25613	0,25640	0,25890	0,26127	0,26349
350	0,25809	0,25809	0,25812	0,25814	0,25816	0,25838	0,25859	0,25880	0,26088	0,26284	0,26470
400	0,26085	0,26085	0,25086	0,26089	0,26091	0,26109	0,26127	0,26145	0,26319	0,26484	0,26641
450	0,26372	0,26372	0,26373	0,26375	0,26376	0,26391	0,26407	0,26422	0,26570	0,26711	0,26844
500	0,26661	0,26662	0,26663	0,26666	0,26679	0,26679	0,26693	0,26705	0,26832	0,26954	0,27070
600	0,27226	0,27227	0,27227	0,27229	0,27230	0,27240	0,27250	0,27260	0,27286	0,27450	0,27539
700	0,27754	0,27754	0,27756	0,27757	0,27758	0,27766	0,27774	0,27782	0,27857	0,27930	0,28000
800	0,28235	0,28235	0,28235	0,28236	0,28237	0,28243	0,28249	0,28256	0,28315	0,28374	0,28429
900	0,28661	0,28661	0,28662	0,28662	0,28662	0,28667	0,28672	0,28577	0,28726	0,28774	0,28818
1000	0,29035	0,29035	0,29036	0,29037	0,29037	0,29041	0,29045	0,29050	0,29089	0,29129	0,29167
1200	0,29652	0,29652	0,29652	0,29652	0,29652	0,29655	0,29659	0,29662	0,29690	0,29716	0,29743
1400	0,30126	0,30126	0,30126	0,30127	0,30127	0,30129	0,30131	0,30133	0,30154	0,30174	0,301933
1600	0,30496	0,30496	0,30496	0,30497	0,30497	0,30498	0,30499	0,30501	0,30516	0,30530	0,30543
1800	0,30788	0,30788	0,30788	0,30788	0,30789	0,30790	0,30791	0,30792	0,30804	0,30814	0,30825
2000	0,31024	0,31024	0,31024	0,31024	0,31024	0,31026	0,31027	0,31028	0,31036	0,31044	0,31053
2200	0,31219	0,31219	0,31219	0,31219	0,31219	0,31019	0,31220	0,31221	0,31228	0,31234	0,31240
2400	0,31380	0,31380	0,31380	0,31380	0,31380	0,31381	0,31382	0,31382	0,31388	0,31393	0,31397
2600	0,31519	0,31519	0,31519	0,31519	0,31519	0,31519	0,31519	0,31520	0,31524	0,31528	0,31531

Tiếp bảng I.178

Số 12 **Nitơ N_2 khi áp suất trên 200 at**

t, °C	Áp suất, at								
	200	300	400	500	600	800	1000	1100	1200
−70	0,432	0,433	0,430	0,427	0,426	0,425	0,423	0,422	0,420
−50	0,381	0,385	0,384	0,382	0,379	0,378	0,376	0,374	0,372
−25	0,352	0,359	0,354	0,351	0,347	0,344	0,342	0,340	0,337
0	0,330	0,337	0,335	0,332	0,329	0,325	0,323	0,321	0,318
25	0,332	0,330	0,330	0,328	0,326	0,323	0,320	0,319	0,318
50	0,299	0,310	0,314	0,315	0,314	0,313	0,311	0,310	0,309
100	0,284	0,296	0,302	0,306	0,308	0,309	0,311	0,314	0,318
200	0,270	0,278	0,283	0,286	0,290	0,296	0,300	0,301	0,303
300	0,264	0,269	0,273	0,276	0,280	0,283	0,286	0,286	0,287
400	0,262	0,266	0,268	0,270	0,272	0,274	0,276	0,276	0,237
500	0,259	0,262	0,264	0,265	0,267	0,269	0,271	0,271	0,271

Số 13 **Oxi O_2**

t, °C	Áp suất, at									
	0.01	0,1	0,4	0,7	1	4	7	10	40	70	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
−150	0,21745	0,21778	0,21885	0,21997	0,2211						
−100	0,21747	0,21760	0,21803	0,21845	0,21888	0,22339	0,22835	0,2338	0,34		
−50	0,21774	0,21780	0,21803	0,21826	0,21848	0,22078	0,22361	0,22563	0,2551	0,2953	0,348
0	0,21855	0,21868	0,21874	0,21896	0,21910	0,22050	0,22192	0,22337	0,23877	0,2552	0,2717
50	0,22047	0,22049	0,22058	0,22067	0,22077	0,22170	0,22265	0,22361	0,23339	0,2432	0,2522
100	0,22315	0,22317	0,22324	0,22330	0,22337	0,22404	0,22470	0,22540	0,23225	0,2390	0,2452
150	0,22648	0,22651	0,22656	0,22661	0,22666	0,22716	0,22766	0,22817	0,23323	0,2382	0,2428
200	0,23019	0,23020	0,23024	0,23028	0,23032	0,23071	0,23104	0,23143	0,23540	0,23922	0,2421
250	0,23400	0,23402	0,23405	0,23408	0,23411	0,23442	0,23474	0,23503	0,23814	0,24118	0,2441
300	0,23775	0,23776	0,23779	0,23782	0,23784	0,23809	0,23834	0,23860	0,24108	0,24359	0,2460
350	0,24133	0,24134	0,24136	0,24138	0,24139	0,24161	0,24182	0,24203	0,24411	0,24615	0,2482
400	0,24467	0,24468	0,24470	0,24472	0,24473	0,24491	0,24508	0,24526	0,24701	0,24872	0,2504
450	0,24775	0,24776	0,24777	0,24779	0,24780	0,24796	0,24811	0,24826	0,24973	0,25117	0,2526
500	0,25057	0,25058	0,25059	0,25060	0,25062	0,25075	0,25088	0,25106	0,25227	0,25351	0,2548
600	0,25544	0,25545	0,25546	0,25547	0,25548	0,25557	0,25567	0,25577	0,25673	0,25770	0,2586
700	0,25950	0,25950	0,25951	0,25952	0,25953	0,25961	0,25968	0,25976	0,26052	0,26126	0,2616
800	0,26289	0,26289	0,26290	0,26291	0,26291	0,26297	0,26304	0,26310	0,26369	0,26429	0,2648
900	0,26576	0,26576	0,26577	0,26577	0,26578	0,26583	0,26589	0,26593	0,26642	0,26690	0,2674
1000	0,26826	0,26826	0,26826	0,26826	0,26827	0,26831	0,26836	0,26840	0,26880	0,26920	0,2696
1200	0,27255	0,27255	0,27256	0,27256	0,27256	0,27259	0,27261	0,27264	0,27293	0,27320	0,2735

Tiếp bảng I.178

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1400	0,27634	0,27634	0,27634	0,27634	0,27634	0,27636	0,27639	0,27204	0,27661	0,27682	0,2770
1600	0,27992	0,27992	0,27992	0,27993	0,27993	0,27995	0,27996	0,27998	0,28007	0,28028	0,2804
1800	0,28342	0,28342	0,28342	0,28343	0,28343	0,28344	0,28345	0,28346	0,28358	0,28370	0,2838
2000	0,28686	0,28686	0,28686	0,28686	0,28686	0,28687	0,28688	0,28687	0,28699	0,28707	0,2871
2200	0,29023	0,29023	0,29023	0,29023	0,29023	0,29024	0,29025	0,29025	0,29033	0,29040	0,2904
2400	0,29348	0,29348	0,29348	0,29348	0,29348	0,29348	0,29349	0,29350	0,29356	0,29361	0,2937
2600	0,29658	0,29658	0,29658	0,29658	0,29658	0,29658	0,29659	0,29659	0,29669	0,29669	0,2968

***Bảng I.179.* Nhiệt dung riêng của không khí ở nhiệt độ và áp suất khác nhau (c_p. 10^3 kJ/kg.độ) [40.28]**

Nhiệt độ, °C	Áp suất, at									
	1	10	20	40	60	70	100	140	180	220
-140	1,0132/0,242	1,7082 0,408	2,6718/0,638	–	–	–	–	–	–	–
-120	–	1,1388 0,272	1,3481/0,322	1,8338/0,438	–	3,2531/0,777	–	–	–	–
-100	1,0090/0,241	1,0820/0,258	1,1849/0,283	1,3942/0,333	–	1,9217/0,459	–	–	–	–
-50	1,0048/0,240	1,0216/0,244	1,0551/0,252	1,1472/0,274	–	1,3105/0,313	–	–	–	–
0	1,0048/0,240	–	1,0425/0,249	–	1,1137/0,266	–	1,1723/0,280	–	–	–
50	1,0048/0,240	–	1,0383/0,248	–	1,0886/0,260	–	1,1388/0,272	1,1807/0,282	1,2142/0,290	1,2393/0,296
100	1,0090/0,241	–	1,0341/0,247	–	1,0718/0,256	–	1,1053/0,264	1,1388/0,272	1,1681/0,279	1,1891/0,284
150	1,0174/0,243	–	1,0341/0,247	–	1,0593/0,253	–	1,0886/0,260	1,1137/0,266	1,1246/0,271	1,1514/0,275
200	1,0258/0,245	–	1,0300/0,246	–	1,0509/0,251	–	1,0760/0,257	1,0886/0,260	1,1095/0,265	1,1262/0,269
280	1,0425/0,249	–	1,0341/0,247	–	1,0425/0,249	–	1,0551/0,252	1,0634/0,254	1,0760/0,254	1,0844/0,259

0–100°C	0,400°C	0–800°C	0–1000°C	0–1400°C
1,0111/0,2415	1,0228 0,2443	1,0387/0,248	1,0467/0,2500	1,0626/0,2538

Chú thích: số liệu cho trong bảng ở dạng phân số trong đó tử số là c_p đo bằng đơn vị kJ/kg.độ, còn mẫu số là c_p đo bằng đơn vị kcal/kg.độ.

Bảng I.180. **Nhiệt dung riêng của khí cacbon đioxit CO_2 ở nhiệt độ và áp suất khác nhau (c_p,J/kg.độ) [21.346]**

Áp suất		Nhiệt độ t, °C									
at	N/m²	0	50	100	150	200	300	400	500	600	700
1	$9,81.10^4$	826,1	875,0	918,2	957,1	994,0	1057	1111	1155	1193	1225
5	$49,05.10^4$	872,5	898,1	931,1	966,3	999,8	1061	1112	1157	1194	1225
10	$9,81.10^5$	939,5	928,6	949,1	976,8	1007	1065	1115	1158	1195	1227
20	$19,62.10^5$	1122,0	998,6	985,2	999,0	1022	1073	1120	1162	1198	1228
30	$29,43.10^5$	-	1084	1026	1023	1039	1080	1126	1166	1200	1230
40	$39,24.10^5$	-	1194	1074	1048	1054	1087	1132	1171	1203	1232
50	$49,05.10^5$	-	1345	1132	1076	1071	1097	1137	1174	1206	1234
100	$9,81.10^6$	-	5317	1516	1241	1166	1143	1164	1192	1220	1245
200	$19,62.10^6$	-	-	2340	1630	1369	1228	1216	1225	1241	1264
300	$29,43.10^6$	-	-	1905	1796	1519	1301	1259	1251	1266	1279
400	$39,24.10^6$	-	-	-	1681	1570	1365	1294	1280	1285	1296
500	$49,05.10^6$	-	-	-	1613	1547	1400	1324	1304	1301	1310

Bảng I.181. **Nhiệt dung riêng của oxi lỏng ở nhiệt độ và áp suất khác nhau [21.373]**

t, °C	Nhiệt dung riêng c_p, J/kg.độ khi áp suất								
	5 at	10 at	20 at	30 at	40 at	50 at	60 at	70 at	80 at
–185	1740	1725	1700	1675	1660	1640	1620	1612	1604
–170	1830	1805	1774	1745	1725	1713	1687	1679	1671
–160	–	1875	1810	1815	1745	1763	1742	1725	1675
–150	–	–	1930	1885	1850	1825	1792	1775	1763
–140	–	–	–	2160	2055	1985	1932	1890	1851
–135	–	–	–	2450	2270	2154	2072	1995	1924
–130	–	–	–	–	2650	2425	2286	2160	2031
–125	–	–	–	–	–	2910	2638	2416	2206
–120	–	–	–	–	–	5024	3475	2855	2483

Bảng I.182. **Nhiệt dung riêng của các chất khí hóa lỏng (c_p, kcal/kg.độ)**

Chuyển đơn vị: 1 kcal/kg.độ = $4,1868.10^3$ J/kg.độ

Khí	t, °C	c_p	Khí	t, °C	c_p
Amoniac	–60	1,05	Lưu huỳnh đioxit	–20	0,313
	0	1,10		0	0,318
	40	1,16		20	0,328
	80	1,29		60	0,361
	100	1,48		100	0,419
	110	1,61		150	0,846

Tiếp bảng I.182

Khí	t, °C	c_p	Khí	t, °C	c_p
Cacbon đioxit (p = 63 at)	−50 ÷ −10	0,465 − 0,539	Nitơ	−209 ÷ −197	0,475
Cacbon đisunfua	−100 ÷ +150	0,235 +0,000461	Nitơ oxit (NO)	−158 ÷ −156	0,580
Cacbon oxit	−206 ÷ −190	0,0615	Oxi	−216 ÷ −200	0,398
Hiđro	−258 ÷ −252	1,75 ÷ 2,33			

§ 5. Nhiệt độ và nhiệt lượng riêng của sự dịch pha

1. Sự dịch pha là sự chuyển từ pha này sang pha khác. Có ba trường hợp dịch pha, đó là sự nóng chảy (từ pha rắn sang pha lỏng), sự hóa hơi (từ pha lỏng sang pha hơi) và sự thăng hoa (từ pha rắn sang pha hơi). Ba quá trình ngược lại là: sự đông đặc (ngược với sự nóng chảy), sự ngưng tụ (ngược với sự hóa hơi) và sự ngưng kết (ngược với sự thăng hoa) cũng là ba trường hợp dịch pha. Ở mỗi trường hợp dịch pha, hệ đều thu hay tỏa nhiệt.

Nhiệt nóng chảy, nhiệt hóa hơi, nhiệt thăng hoa là các nhiệt lượng cung cấp cho hệ (hay vật) để dịch pha, không để tăng nhiệt độ của hệ. Ở các quá trình ngược lại thì hệ (hay vật) lại tỏa ra một nhiệt lượng đúng bằng nhiệt lượng đã thu vào ở quá trình thuận. Trong điều kiện áp suất và nhiệt độ xác định, đối với một chất nhất định thì các nhiệt lượng dịch pha Q tỉ lệ với khối lượng m chất đó đã được dịch pha; còn đối với các chất khác nhau thì để chuyển cùng một khối lượng bằng nhau của mỗi chất đó sang pha mới cần có những nhiệt lượng khác nhau.

Ta có công thức tổng quát:

$$Q = (1/k)qm \qquad (I.51)$$

trong đó k - hệ số tỉ lệ phụ thuộc của đơn vị được dùng; q - hệ số phụ thuộc bản chất của từng chất, gọi là nhiệt lượng riêng của sự dịch pha.

a) Đơn vị nhất quán được xác định từ công thức (I.51) với $k = 1.Q = 1J$, $m = 1kg$, khi đó $q = (1J/1kg) = 1(J/kg)$. Ta gọi đơn vị chính là jun trên kilôgam.

Vậy: "Jun trên kilôgam là nhiệt lượng riêng của một hệ có khối lượng 1 kilôgam thu hay nhả nhiệt lượng 1 jun khi dịch pha".

Thứ nguyên:

- của nhiệt lượng riêng: $[q] = [Q]/[m] = \dfrac{L^2MT^{-2}}{M} = L^2M^oT^{-2} = L^2T^{-2}$;

- của jun trên kilôgam: $[J/kg] = m^2kg^os^{-2} = m^2s^{-2}$. (I.52)

b) Đơn vị phụ. Nếu đo Q bằng kilôcalo và m bằng kilôgam thì q đo bằng kilôcalo trên kilôgam (kcal/kg): 1 kcal/kg = $4,1868.10^3$ J/kg.

Ngoài ra còn dùng: kcal/kmol.

2. Nhiệt lượng riêng của sự nóng chảy (để đơn giản thường gọi là nhiệt nóng chảy) q_{nc} là nhiệt lượng mà một hệ có khối lượng 1 kilôgam thu vào để chuyển từ pha rắn sang pha lỏng (tại nhiệt độ nóng chảy).

3. Nhiệt nóng chảy q_{nc} được xác định bằng thực nghiệm. Khi không có số liệu thực nghiệm có thể tính theo các công thức sau:

đối với đơn chất: $q_{nc} = 10,5 \dfrac{T_{nc}}{M}$, kJ/kg (I.53)

đối với hợp chất vô cơ: $q_{nc} = 25,1 \dfrac{T_{nc}}{M}$, kJ/kg (I.54)

đối với hợp chất hữu cơ: $q_{nc} = 41,9 \dfrac{T_{nc}}{M}$, kJ/kg; (I.55)

trong đó T_{nc} - nhiệt độ nóng chảy của các chất; M - khối lượng mol.

4. Nhiệt độ sôi của một chất ở áp suất 760 mm Hg được gọi là điểm sôi của chất ấy.

Nhiệt độ sôi của các chất thường được xác định bằng thực nghiệm. Khi không có số liệu thực nghiệm có thể dùng công thức sau đây của Đurinh đối với các dung dịch và các chất lỏng hữu cơ (còn gọi là qui tắc tuyến tính của các hàm số hóa lý):

$$(t_1 - t_2)/(\theta_1 - \theta_2) = K; \qquad (I.56)$$

trong đó $t_1 t_2$ - nhiệt độ sôi của dung dịch hay chất lỏng hữu cơ ở hai áp suất khác nhau p_1 và p_2; θ_1, θ_2 - nhiệt độ sôi của nước hoặc chất lỏng tiêu chuẩn ở cùng hai áp suất trên.

Khi chọn nước là chất lỏng tiêu chuẩn thì ta có thể sử dụng biểu đồ sau đây để xác định nhiệt độ sôi của một số chất lỏng (hình I.58).

Nhiệt độ sôi của dung dịch và các chất lỏng hữu cơ có thể tìm theo phương trình Kiriev:

$$\frac{\lg p_{A_1} - \lg p_{A_2}}{\lg p_{B_1} - \lg p_{B_2}} = C; \qquad (I.57)$$

trong đó p_{A_1} - và p_{B_1} - áp suất hơi bão hòa của hai chất lỏng ở nhiệt độ t_1; p_{A_2} và p_{B_2} - áp suất hơi bão hòa cũng của hai chất lỏng đó nhưng ở nhiệt độ t_2; C - hằng số.

Muốn xác định nhiệt độ sôi của một chất lỏng nào đó ở một áp suất đã cho theo hai phương trình trên (I.56) và (I.57) thì cần phải biết hai nhiệt độ sôi của chất lỏng đó ở hai áp suất bất kỳ.

5. Nếu với một dung dịch đã biết nhiệt độ sôi ở một áp suất nào đó thì có thể tính được nhiệt độ sôi của dung dịch đó ở một áp suất khác bằng cách sử dụng công thức Babô: [14.423]

$$p/p_o = \text{const}; \qquad (I.58)$$

ở đây p - áp suất hơi bão hòa của dung dịch; p_o - áp suất hơi bão hòa của dung môi nguyên chất ở cùng nhiệt độ.

Để tính theo công thức Babô chỉ cần một nhiệt độ sôi của dung dịch ở một áp suất nào đó nên thuận tiện hơn khi dùng công thức Đurinh phải biết hai nhiệt độ sôi ở hai áp suất khác nhau. Tuy nhiên công thức Babô chỉ chính xác đối với các dung dịch loãng nên phạm vi áp dụng bị hạn chế.

Để khắc phục nhược điểm trên của qui tắc Babô đối với các dung dịch đậm đặc sôi trong chân không, Xtapnikov đề nghị thêm một đại lượng hiệu chỉnh Δt vào giá trị tính được theo qui tắc Babô. Giá trị Δt này phụ thuộc vào áp suất hơi bão hòa của dung dịch p (mm Hg) và tỉ lệ của p/p_o (bảng I.183).

Khi nhiệt hòa tan của muối khan là dương thì cộng giá trị của Δt vào giá trị tìm được theo qui tắc Babô, còn khi nhiệt độ hòa tan là âm thì trừ đi.

6. Nhiệt hóa hơi là nhiệt lượng mà một hệ có khối lượng 1 kilôgam thu vào để chuyển từ pha lỏng sang pha hơi ở nhiệt độ bay hơi.

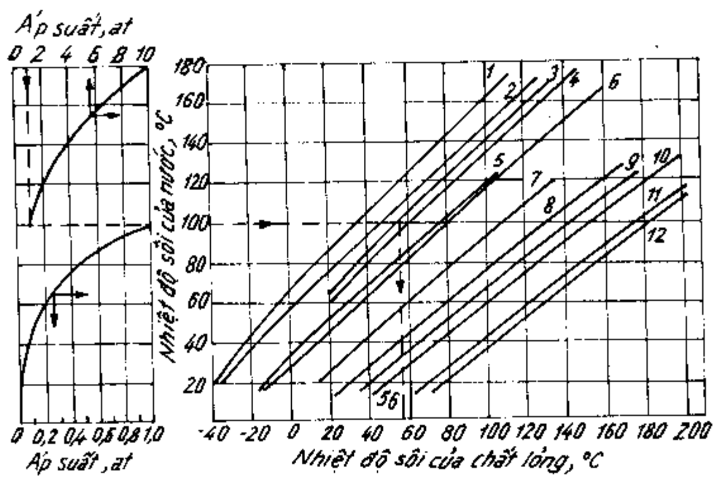
Bảng I.183

Tỉ số p/p_0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	Δt,°C
Áp suất hơi bão hòa của dung dịch sôi p,mm Hg	100	200	400	450	500	550	650	0,9
	0	50	200	350	450	500	550	1,8
	0	0	100	275	300	350	400	2,6
	0	0	0	150	200	250	300	3,6

Nhiệt hóa hơi của chất lỏng ở áp suất p có thể xác định theo phương trình Clapâyrông- Claudiut [40,617];

$$r_{hh} = r_{hh}^{tc} \frac{M_{tc}}{M} \left(\frac{T}{\theta}\right) \frac{d\theta}{dT}, \text{ J/kg}; \qquad (I.59)$$

trong đó r_{hh} và r_{hh}^{tc} - nhiệt hóa hơi của chất lỏng cần tìm và chất lỏng tiêu chuẩn ở cùng áp suất p, J/kg; M và M_{tc} - khối lượng mol của chất lỏng cần tìm và chất lỏng tiêu chuẩn, kg/kmol; T và θ - nhiệt độ sôi của chất lỏng cần tìm và chất lỏng tiêu chuẩn ở cùng áp suất p, °K; $(d\theta/dT)$ - tỉ số giữa hiệu số nhiệt độ sôi của chất lỏng tiêu chuẩn và hiệu số nhiệt độ sôi của chất lỏng cần tìm ở cùng áp suất p và p_1. Chất lỏng tiêu chuẩn có thể chọn nước hoặc một chất nào khác mà các số liệu đã cho trong các bảng. Tỉ số $(d\theta/dT)$ có thể xác định theo các số liệu tra ở hình I.58 hay tính theo qui tắc tuyến tính.



Hình I.58. **Biểu đồ để xác định nhiệt độ sôi theo nước:**
1- ete etylic; 2- cacbon; 3- axeton; 4- clorofom; 5- cacbon tetraclorua; 6- benzen; 7- toluen; 8- clobenzen; 9- o-xilen; 10- fenyl bromua; 11- benzandehit; 12- anilin.

7. Nhiệt hóa hơi của chất lỏng không phân cực ở áp suất khí quyển có thể xác định theo công thức của Kitsiakovxki [28.244]

$$r_{hh} = (8,75 + 4,58 \lg T)T/M, \text{ kcal/kg}; \qquad (I.60)$$

hay

$$r_{hh} = (36,7.10^3 + 19,2.10^3 \lg T)T/M, \text{ J/kg}; \qquad (I.61)$$

trong đó T - nhiệt độ sôi của chất lỏng, °K; M - khối lượng mol của chất lỏng, kg/kmol.

Dưới đây là các bảng và toán đồ để tra cứu số liệu thực nghiệm về nhiệt độ nóng chảy t_{nc}, nhiệt nóng chảy q_{nc}, nhiệt độ sôi t_s và nhiệt hóa hơi r_{hh}.

Bảng I.184. **Nhiệt độ và nhiệt nóng chảy, nhiệt độ sôi và nhiệt hóa hơi của một số đơn chất và hợp chất vô cơ [30.75]**

Tên chất	t_{nc}, °C	q_{nc}, kcal/kmol	t_s, °C	r_{hh}, kcal/kmol
1	2	3	4	5
Agon Ar	−189,3	290	−185,8	1590
Antimon :				
Sb	630,5	4770	1440	46670
$SbBr_3$	97	3510	–	–
$SbCl_3$	73,4	3030	219	10360
$SbCl_5$	4	2400	172	11570
Sb_4O_6	655	(27000)	1425	17820
Sb_4S_6	546	11200	–	–
Asen :				
As	814	(6620)	610	31000
$AsBr_3$	31	2810	–	–
$AsCl_3$	−16	2420	122	7570
AsF_5	−80,5	2800	−52,8	4980
As_4O_6	313	8000	457,2	14300
Bạc :				
Ag	960,7	2700	2212	60720
AgBr	430	2180	–	–
AgCl	455	3155	1564	42520
AgCN	350	2750	–	–
AgI	557	2250	1506	34450
$AgNO_3$	209	2755	–	–
Ag_2S	842	3360	–	–
Ag_2SO_4	657	(4300)	–	–
Bari :				
Ba	704	(1400)	1638	35670
$BaBr_2$	847	6000	–	–
$BaCl_2$	960	5370	–	–
BaF_2	1287	3000	–	–
$Ba(NO_3)_2$	595	5900	–	–

Tên chất	t_{nc}, °C	q_{nc}, kcal/kmol	t_s, °C	r_{hh}, kcal/kmol
1	2	3	4	5
$Ba3(PO_4)_2$	1730	18600	–	–
$BaSO_4$	1350	9700	–	–
Bitmut :				
Bi	271,3	2505	1420	–
$BiBr_3$	–	–	461	18020
$BiCl_3$	224	2600	441	17350
Bi_2O_3	817	6800	–	–
Bi_2S_5	747	8900	–	–
Bo :				
BBr_3	–	–	91,3	7300
BCl_3	–	–	12,5	5680
BF_3	−128	480	−100,9	4620
B_2H_6	−165,5	–	92,4	3685
B_3H_{10}	−119,8	–	16	6470
B_5H_9	−46,9	–	58	7700
B_5H_{11}	–	–	67	8500
$B_{10}H_{14}$	99,7	7800	–	11600
B_2H_5Br	−104	–	16	6230
$B_3N_3H_6$	−58	–	50,4	7670
Cacbon :				
C(than chì)	3600	11000		
CBr_4	90	1050		
CCl_4	−24,0	644	77	7280
CF_4	–	–	−127,9	3110
C_2N_2	−27,8	1938	−21,1	5576
CNBr	52	–	–	11010
CNCl	−5	2240	13	6300
CNF	–	–	−72,8	5780
CNI	–	–	141	13980

Tiếp bảng I.184

1	2	3	4	5
CO	-205,0	200	– 191,5	5 1444
CO_2	56,5	1906	– 78,4	6030
$COCl_2$	–	–	8,0	5990
COS	-138,8	1129	– 50,2	4423
CS_2	-112,0	1049	–	–
Cađimi :				
Cd	320,9	1460	765	23870
$CdBr_2$	508	(5000)	–	–
$CdCl_2$	568	5300	967	29860
CdF_2	1100	(5400)	–	–
CdI_2	387	3600	796	25400
CdO	–	–	1559	53820
$CdSO_4$	1000	4790	–	–
Canxi:				
Ca	851	2230	1487	36580
$CaBr_2$	730	4180	–	–
CaCO	1282	(12700)	–	–
$CaCl_2$	782	6100	–	–
CaF_2	1392	4100	–	–
$Ca(NO_3)_2$	561	5120	–	–
CaO	2707	12240	–	–
$CaO.Al_2O_3.2SiO_2$	1550	29400	–	–
$CaO.MgO.2SiO_2$	1392	18200	–	–
$CaO.SiO_2$	1512	13400	–	–
$CaSO_4$	1297	6700	–	–
Chì :				
Pb	327,4	1224	744	42060
$PbBr_2$	488	4290	914	27700
$PbCl_2$	498	5650	954	29600
PbF_2	824	1860	1293	38300
PbI_2	412	5970	872	24850
$PbMoO_4$	1065	(25800)	–	–
PbO	890	2820	1472	51310

1	2	3	4	5
PbS	1114	4150	– 1281	(50000)
$PbSO_4$	1087	9600	–	–
$PbWO_4$	1123	(15200)	–	–
Clo :				
Cl_2	– 101,0	1531	– 34,1	4878
ClF	–	–	–	– 101
ClF_3	–	–	11,3	5890
Cl_2O	–	–	2,0	6280
ClO_2	–	–	10,9	7100
Cl_2O_7	–	–	79	8480
Coban :				
Co	1490	3660	–	–
$CoCl_2$	727	7390	1050	27170
Đồng :				
Cu	1083,0	3110	2595	72810
Cu_2Br_2	–	–	1355	16310
Cu_2Cl_2	430,0	4890	1490	11920
$Cu_2(CN)_2$	473,0	(5400)	–	–
CuI	–	–	1336	15940
Cu_2O	1230,0	(13400)	–	–
CuO	1447	2820	–	–
Cu_2S	1127	5500	–	–
Flo :				
F_2	– 223	–	– 188,2	1640
F_2O	–	–	– 144,8	2650
Gali Ga	29,8	1336	2071	–
Gecmani :				
Ge	959	(8300)	–	–
$GeBr_4$	26,1	–	189	8560
$GeCl_4$	– 49,5	–	84	7030
$Ge(CH_3)_4$	– 88	–	44	6460

Tiếp bảng I.184

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
GeH_4	– 165	–	– 89,1	3580	Kali :				
Ge_2H_6	– 109	–	31,4	5900	K	63,5	574	776	18920
Ge_3H_8	– 105,6	–	110,6	7550	KBO_2	947	(5700)	–	–
$GeHCl_3$	– 71	–	75	8000	KBr	742	5000	1383	37060
Heli He	– 271,4	–	– 268,4	22	KCl	770	6410	1407	38840
Hidro :					KCN	623	(3500)	–	–
H_2	– 259,2	28	– 252,7	216	K_2CO_3	897	7800	–	–
HBr	– 86,9	575	– 66,7	4210	K_2CrO_4	984	6920	–	–
HCl	– 114,2	476	– 85,0	3860	$K_2Cr_2O_7$	398	8770	–	–
HCN	– 13,2	2009	25,7	6027	KF	857	6500	–	–
HF	– 83,3	1094	33,3	7460	KI	682	4100	1324	34690
$(HF)_6$	–	–	51,2	5020	K_2MoO_4	922	(4000)	–	–
HI	– 50,8	686	–	–	KNO_3	338	2840	–	–
H_2O	0,0	1436	100,0	9729	KOH	360	2000	1327	30850
$H_2O(D_2O)$	3,8	1501	101,4	9945	KPO_3	817	2110	–	–
H_2O_2	– 2	2520	158	10270	K_3PO_4	1340	8900	–	–
HNO_3	– 47	600	–	–	$K_4P_2O_7$	1092	14000	–	–
H_3PO_2	17,4	2310	–	–	KSCN	179	2250	–	–
H_3PO_3	74	3070	–	–	K_2SO_4	1074	8100	–	–
H_3PO_4	42,7	2520	–	–	K_2TiO_3	810	10600	–	–
$H_4P_2O_6$	55	8300	–	–	K_2WO_4	927	4400	–	–
H_2S	– 85,5	568	-60,3	4463	Kẽm :				
H_2S_2	– 87,6	1805	–	–	Zn	419,5	1595	907	27430
H_2SO_4	10,5	2360	–	–	$ZnCl_2$	283	(5500)	732	28710
H_2Se	–	–	-41,3	4880	$Zn(C_2H_5)_2$	–	–	118	8960
H_2SeO_4	58	3450	–	–	ZnO	1975	4470	–	–
H_2Te	– 48,9	1670	-2,2	5650	ZnS	1645	(9000)	–	–
Indi In	156,4	781	–	–	Kripton Kr	– 157	360	152,9	2310
Iot :					Liti :				
I_2	113,0	3650	183	10390	Li	179	1100	1372	32250
α-ICl	17,2	2660	–	–	$LiBO_2$	845	(5570)	–	–
β-ICl	13,9	2270	–	–	LiBr	552	2900	1310	35420
IF_7	–	–	4	7460	LiCl	614	3200	1382	35960

Tiếp bảng I.184

1	2	3	4	5
LiF	847	(2360)	1681	50970
LiI	440	(1420)	1171	40770
LiOH	462	2480	–	–
Li_2MoO_4	705	4200	–	–
Li_2SiO_3	1177	7210	–	–
Li_4SiO_4	1249	7430	–	–
Li_2SO_4	857	3040	–	–
Li_2WO_4	742	(6700)	–	–
Lưu huỳnh :				
S (hình thoi)	112,8	–	444,6	2200
S (đơn tà)	119,2	–	–	–
S_2Cl_2	–	–	138	8720
SF_5	–	–	-63,5	5600
SO_2	-75,5	1769	-5,0	5960
α-SO_3	17	2060	44,8	10190
γ-SO_3	62,2	6310	–	–
$SOBr_2$	–	–	139,5	9920
$SOCl_2$	–	–	75,4	7600
SO_2Cl_2	–	–	69,2	7760
Mage :				
Mg	650	2160	1107	32520
$MgBr_2$	711	8300	–	–
$MgCl_2$	712	8100	1418	32690
MgF_2	1221	5900	–	–
MgO	2642	18500	–	–
$Mg_3(PO_4)_2$	1184	(11300)	–	–
$MgSO_3$	1524	14700	–	–
$MgSO_4$	1127	3500	–	–
$MgZn_2$	589	(8270)	–	–
Mangan :				
Mn	1220	3450	2152	55150
$MnCl_2$	650	7340	1190	29630
$MnSiO_3$	1274	(8200)	–	–
$MnTiO_3$	1404	(7960)	–	–

1	2	3	4	5
Molipđen :				
Mo	2622	(6660)	(4800)	(128000)
MoF_6	17	2500	36	6000
MoO_3	745	(2500)	1151	–
Natri:				
Na	97,7	630	914	23120
$NaBO_2$	966	8660	–	–
NaBr	747	6140	1392	37950
NaCl	800	7220	1465	40810
$NaClO_3$	255	5290	–	–
NaCN	562	(4400)	1500	37280
Na_2CO_3	854	7000	–	–
NaF	992	7000	1740	53260
NaI	662	5240	–	–
Na_2MoO_4	687	3600	–	–
$NaNO_3$	310	3760	–	–
NaOH	322	2000	1378	–
$1/2Na_2O.1/2Al_2O_3.3SiO_2$	1107	13150	–	–
$NaPO_3$	988	(5000)	–	–
$Na_4P_2O_7$	970	(13700)	–	–
Na_2S	920	(1200)	–	–
NaSCN	323	4450	–	–
Na_2SO_4	884	5830	–	–
Na_2SiO_3	1087	10300	–	–
$Na_2Si_2O_5$	884	8460	–	–
Na_2WO_4	702	5800	–	–
Neon Ne	−248,5	77	−246,0	440
Niken:				
Ni	1455	4200	2730	87300
$NiCl_2$	–	–	987	48360
$Ni(CO)_4$	–	–	42,5	7000
Ni_2S	645	(2980)	–	–
Ni_3S	790	5800	–	–

Tiếp bảng I.184

1	2	3	4	5
Nitơ :				
N_2	−210,0	172	−195,8	1336
NF_3	–	...	−129,0	3000
NH_3	−77,7	1352	−33,4	5581
NH_4SCN	146	(4700)	...	–
NH_4NO_3	−169,6	1460	...	–
N_2O	−90,8	1563	−88,5	3950
NO	−163,6	550	−151,7	3307
N_2O_4	−13	5540	30	7040
N_2O_5	...	...	32,4	13800
NOCl	–	–	−6,4	6140
Nhôm :				
Al	660	2550	2057	61020
Al_2Br_6	97,5	5420	256,4	10920
Al_2Cl_6	192,5	16960	180,2	26750
$AlF_3.3NaF$	1000	16380	–	–
Al_2I_6	191	7960	385,5	15360
Al_2O_3	2045	(26000)	3000	–
Osimi :				
OsF_8	–	...	47,4	6840
OsO_4(vàng)	56	4060	130	9450
OsO_4(trắng)	42	2340	–	–
Oxi:				
O_2	−218,9	106	−183,0	1629
O_3	–	...	−111	2880
Paladi Pd	1554	4120	–	...
Platin Pt	1773,5	4700	(4400)	(107000)
Photpho :				
P (vàng)	44,2	615	280	12520
P (tím)	–	...	417	25600
P (đen)	...	–	453	33100
PCl_3	...	–	74,2	7280
PH_3	−133,8	270	−87,7	3489
P_4O_6	23,8	3360	174	10380

1	2	3	4	5
α-P_4O_{10}	569	17080	591	20670
β-P_4O_{10}	–	...	358	...
$POCl_3$	1,1	3110	105,1	8380
P_2S_3	...	–	508	–
Prazeodim Pr	932	2700	–	...
Rađon Rn	−71	–	−61,8	4010
Reni :				
Re	(3000)	–	...	–
Re_2O_7	297	15340	362,4	18060
Re_2O_8	147	3800	–	–
Rubiđi:				
Rb	39,1	525	679	18110
RbBr	677	3700	1352	37120
RbCl	717	4400	1381	36920
RbF	833	4130	1408	39510
RbI	638	2990	1304	35960
$RbNO_3$	305	1340	...	–
Sắt :				
Fe	1530	3560	2735	84600
$FeCl_2$	677	7800	1026	30210
Fe_2Cl_6	304	20590	319	12040
$Fe(CO)_5$	−21	3250	105	9000
FeO	1380	(7700)	...	–
FeS	1195	5000	...	–
Silic:				
Si	1427	9470	2290	–
$SiCl_4$	−67,6	1845	56,8	6860
Si_2Cl_6	−1	–	139	–
Si_3Cl_8	–	...	211,4	12340
$(SiCl_3)_2O$	−33	...	135,6	8220
SiF_4	–	–	−94,6	6130
Si_2F_6	−18,5	3900	−18,9	10400
SiF_3Cl	−138	...	−70,1	4460

Tiếp bảng I.184

1	2	3	4	5
SiF_2Cl_2	– 144	–	–31,5	5080
SiH_4	– 185	–	– 111,6	2960
Si_2H_6	– 132,5	–	– 14,3	5110
Si_3H_8	– 117	–	53,1	6780
Si_4H_{10}	–93,5	–	100	8890
SiH_3Br	–93,8	–	2,4	5650
SiH_2Br_2	–70,0	–	70,5	6840
$SiHCl_3$	– 126,5	–	31,8	6360
$(SiH_3)_3N$	– 105,6	–	48,7	6850
$(SiH_3)_2O$	– 114	–	– 15,4	5350
SiO_2(thạch anh)	1470	3400	2230	–
SiO_2(crittobalit)	1700	2100	–	–
Stronti :				
Sr	757	2190	1384	33610
$SrBr_2$	643	4780	–	–
$SrCl_2$	872	4100	–	–
SrF_2	1400	4260	–	–
$Sr_3(PO_4)_2$	1770	18500	–	–
Tali:				
Tl	302,5	1030	1457	38810
TlBr	460	5990	819	23800
TlCl	427	4260	807	24420
Tl_2CO_3	273	4400	–	–
TlI	440	3125	823	25030
$TlNO_3$	207	2290	–	–
Tl_2S	449	3000	–	–
Tl_2SO_4	632	5500	–	–
Telu :				
Te	453	3230	1090	–
$TeCl_4$	–	–	392	16830
TeF_6	–	–	–38,6	6700

1	2	3	4	5
Titan :				
$TiBr_4$	38,2	(2060)	–	–
$TiCl_4$	–23	2240	136	8350
TiO_2	1825	(11400)	–	–
Thiếc :				
Sn_4	231,8	1720	2270	68000
$SnBr_2$	232	(1700)	–	–
$SnBr_4$	30	3000	–	–
$SnCl_2$	247	3050	623	20740
$SnCl_4$	–33,2	2190	113	8330
$Sn(CH_3)_4$	–	–	78,3	7320
SnH_4	– 149,8	–	–52,3	4420
SnI_4	143,5	(4300)	–	–
Urani :				
UF_6	–	–	–55,2	9990
Vàng Au :	1063,0	3030	2966	81800
Vonfram :				
W	–3390	8400	5900	176000
WF_6	–0,4	1800	17,3	6350
Xenon Xe	–111,5	740	– 108,0	3110
Xeri Ce	775	2120	–	–
Xezi :				
Cs	28,4	500	690	16320
CsBr	–	–	1300	53990
CsCl	642	3600	1300	35690
CsF	715	(2450)	1251	34330
CsI	–	–	1280	35930
$CsNo_3$	407	3250	–	–
Ziriconi :				
$ZnBr_4$	–	–	357	25800
$ZrCl_4$	–	–	311	25290
ZrO_2	2713	20800	–	–
ZrI_4	–	–	431	29030

Bảng I.185. **Nhiệt độ nóng chảy và sự thay đổi thể tích của các đơn chất và hợp chất vô cơ phụ thuộc vào áp suất [37.585]**

Trong bảng: sự thay đổi thể tích $\Delta V = V_{lỏng} - V_{rắn}$; các đơn chất và hợp chất vô cơ xếp theo thứ tự vần chữ cái của ký hiệu hóa học

Công thức	Tên chất	Áp suất, at	t_{nc}, °C	ΔV, cm³/mol
1	2	3	4	5
		Các đơn chất		
Al	Nhôm	1	660	1,51
Ar	Agon	1	−189,25	3,16
		1000	−166,75	2,22
		2000	−146,69	1,7
		3000	−128,3	1,36
		4000	−111,2	1,02
		6000	−80,3	0,837
Bi	Bitmut	1	271,0	−0,72
		1000	267,5	−0,74
		2000	263,5	−0,76
		4000	256,0	−0,79
		8000	238,0	−0,85
		10000	228,8	−0,87
Br_2	Brom	1	−7,0	4,08
Cd	Cadimi	1	320,9	0,73
Cs	Xeri	1	29,7	1,8
		1000	51,9	1,43
		2000	70,2	1,17
		3000	85,7	1,035
		4000	98,5	0,955
Ga	Gali	1	29,85	−0,370
		4000	21,5	−0,407
		8000	12,6	−0,464
		12000	2,5	−0,516
H_2	Hidro	0,073	−259,19	2,85
		82,6	−266,72	2,30
		152,0	−254,91	2,03
HD	Hidro đơteri	0,13	−256,6	2,65
D_2	Đơteri	0,174	−254,43	2,66
He	Heli	98,7	−252,18	1,98
		30,76	−271,4	1,45
		78,1	−270,2	1,19
		102,0	−269,7	1,10
Hg	Thủy ngân	1	−38,85	0,519
		2000	−28,66	0,506
		4002	−18,48	0,504

Tiếp bảng I.185

1	2	3	4	5
		8018	1,87	0,490
		10034	12,06	0,477
		12064	22,24	0,460
I_2	Iot	1	113,6	5,43
K	Kali	1	62,5	1,05
		1000	78,7	0,926
		2000	92,4	0,820
		4000	115,8	0,656
		8000	152,5	0,420
		10000	167,0	0,328
		12000	179,6	0,252
Kr	Kripton	1	−58,20	4,49
Li	Liti	1	179	0,184
N_2	Nitơ	1	−201,0	1,01
		1000	−190,9	0,81
		2000	−174,6	0,66
		4000	−147,4	0,46
Na	Natri	6000	−124,0	0,36
		1	97,6	0,641
		1000	105,9	0,587
		2000	114,2	0,54
		4000	128,8	0,477
		8000	155,1	0,394
		10000	166,7	0,358
Ne	Neon	12000	177,5	0,322
O_2	Oxi	1	−248,59	2,19
P	Photpho	1	−219	0,82
		1	44,2	0,597
		1000	72,7	0,555
		2000	99,3	0,516
		3000	124,4	0,479
		4000	151,3	0,440
		6000	191,9	0,377
Pb	Chì	1	327,0	0,705
Rb	Rubiđi	1	38,7	1,58
		1000	57,9	1,24
		2000	74,5	1,03
		3000	89,1	0,905
S	Lưu huỳnh (đơn tà)	1	114,5	0,92
		400	126,0	1,28
	Lưu huỳnh (tinh thể cấu trúc thoi)	1000	140	0,45
Sb	Antimon	1	630	0,27

Tiếp bảng I.185

1	2	3	4	5
Se	Selen	1	220	1,41
Sn	Thiếc	1	231,85	0,46
Te	Telu	1	450	1,57
Tl	Tali	1	302,5	0,55
Xe	Xenon	1	– 111,79	5,59
Zn	Kẽm	1	419,4	0,69
	Các hợp chất vô cơ cơ			
Al_2O_3	Nhôm oxit	1	2046	15,3
B_2O_3	Bo oxit	1	557	–
CO_2	Cacbon dioxit	3000	–5,5	0,81
		4000	8,5	4,7
		5000	21,4	4,4
		6000	55,2	3,94
		10000	75,4	3,07
		12000	93,5	2,65
COS	Cacbon oxisunfua	1	– 138,84	2,34
CS_2	Cacbon disunfua	1	– 108,6	4,88
		10000	0	3,27
		15000	46	2,17
		20000	89	1,86
		25000	130	1,68
H_3PO_4	Axit photphoric	30000	170	1,56
KSCN	Kali tioxianat	1	41,8	1,485
		1	171,2	7,8
		500	181,9	4,82
		1000	192,6	4,66
$NaCl.2H_2O$	Natri clorua	1500	203,3	4,5
		3690	17,5	4,33
		5290	21,21	1,26
		7360	24,30	0,77
$Na_2SO_4.10H_2O$	Natri sunfat	1	32,6	0,41
NH_4NO_3	Amoni nitrat	1000	202	1,18
PH_3	Photpho hiđrua	1	– 134,74	4,04
PCl_3	Photpho triclorua	1	–92	2,25
PH_4Cl	Photphoni clorua	373	40,06	4,22
SbI_3	Antimon triiođua	1160	200,8	51,5
SF_6	Lưu huỳnh hexaflorua	1	50,7	12,2
$SiCl_4$	Silic tetraclorua	2000	– 10,0	20,8
		4000	42,6	8,87
		6000	92,5	7,27
		8000	139,4	6,25
		10000	183,8	5,6
				5,2

Bảng I.186. **Nhiệt độ và nhiệt nóng chảy của các hợp chất hữu cơ [30,79]**

Các chất hữu cơ trong bảng này xếp theo thứ tự sau: các hiđrocacbon xếp theo loại, trong mỗi loại theo thứ tự tăng dần của mạch cacbon; các hợp chất hữu cơ khác theo thứ tự vần chữ cái của tên gọi

Tên chất	Công thức	t_{nc}, °C	q_{nc}, kcal/kg
1	2	3	4
	Hiđrocacbon		
Parafin :			
Metan	CH_4	– 182,48	14,03
Etan	C_2H_6	– 183,23	22,712
Propan	C_3H_8	– 187,65	19,100
Butan	C_4H_{10}	– 138,33	19,167
2-Metylpropan	C_4H_{10}	– 159,60	18,668
Pentan	C_5H_{12}	– 129,728	27,874
2-Metylbutan	C_5H_{12}	– 159,890	17,076
2,2-Đimetylpropan	C_5H_{12}	– 16,6	10,786
Hexan	C_6H_{14}	–95,320	36,138
2-Metylpentan	C_6H_{14}	– 153,680	17,407
2,2-Đimetylbutan	C_6H_{14}	–99,3	1,607
2,3-Đimetylpentan	C_6H_{14}	– 128,41	2,251
Heptan	C_7H_{16}	–90,595	33,513
2-Metylhexan	C_7H_{16}	– 118,270	21,158
3-Etylpentan	C_7H_{16}	– 188,593	22,555
2,2-Đimetylpentan	C_7H_{16}	– 123,790	13,982
2,4-Đimetylpentan	C_7H_{16}	– 199,230	15,968
3,3-Đimetylpentan	C_7H_{16}	– 134,96	16,856
2,2,3-Trimetylbutan	C_7H_{16}	–24,46	5,250
Octan	C_8H_{18}	–56,798	43,169
2-Metylheptan	C_8H_{18}	– 109,04	21,458
3-Metylheptan	C_8H_{18}	– 120,50	23,795
4-Metylheptan	C_8H_{18}	– 120,955	22,692
2,2-Đimetylhexan	C_8H_{18}	– 121,18	24,226
2,5-Đimetylhexan	C_8H_{18}	–91,200	26,903
3,3-Đimetylhexan	C_8H_{18}	– 126,10	14,9
2-Đimetyl-3-etylpentan	C_8H_{18}	– 114,960	23,690
3-Metyl-3-etylpentan	C_8H_{18}	–90,870	22,657
2,2,3-Trimetylpentan	C_8H_{18}	– 112,27	18,601
2,2,4-Trimetylpentan	C_8H_{18}	– 107,365	19,278
2,3,4-Trimetylpentan	C_8H_{18}	– 109,21	19,392
2,2,3,3-Tetrametylbutan	C_8H_{18}	– 100,69	14,900
Nonan	C_9H_{20}	–53,9	41,2
Decan	$C_{10}H_{22}$	–30,0	48,2
Undecan	$C_{11}H_{24}$	–25,9	34,1
Dodecan	$C_{12}H_{26}$	–9,6	51,3
Ocozan	$C_{20}H_{42}$	36,4	52
Pentacozan	$C_{25}H_{52}$	53,3	53,6
Tritriacontan	$C_{33}H_{68}$	71	54
Hiđrocacbon thơm :			
Benzen	C_6H_6	5,533	30,1
Toluen	C_7H_8	–94,991	17,171
Etylbenzen	C_8H_{10}	–94,950	20,629

Tiếp bảng I.186

1	2	3	4
o-Xilen	C_8H_{10}	−25,187	30,614
m-Xilen	C_8H_{10}	−47,872	26,045
p-Xilen	C_8H_{10}	13,263	38,526
Propylbenzen	C_9H_{12}	−99,500	16,97
Izopropylbenzen	C_9H_{12}	−96,028	19,22
1-Metyl-2-etylbenzen	C_9H_{12}	−80,833	21,13
1-Metyl-3-etylebenzen	C_9H_{12}	−95,55	15,14
1-Metyl-4-etylbenzen	C_9H_{12}	−62,350	25,29
1,2,3-Trimetylbenzen	C_9H_{12}	−25,375	16,64
1,2,4-Trimetylbenzen	C_9H_{12}	−43,80	24,54
1,3,5-Trimetylbenzen	C_9H_{12}	−44,72	18,97
Naftalen	$C_{10}H_8$	80,0	36,0
Durol	$C_{10}H_{14}$	79,3	37,0
Izodurol	$C_{10}H_{14}$	−24,0	23,0
Prenitol	$C_{10}H_{14}$	−7,7	20,0
p-Ximol	$C_{10}H_{14}$	−68,9	17,1
Butylbenzen	$C_{10}H_{14}$	−88,5	19,5
Butylbenzen-bậc ba	$C_{10}H_{14}$	−58,1	14,9
Camfen	$C_{10}H_{16}$	51	57,0
β-Metylnaftalen	$C_{11}H_{10}$	34,1	20,1
Đifenyl	$C_{12}H_{10}$	68,1	28,8
Hexametylbenzen	$C_{12}H_{18}$	165,5	30,4
Đifenylmetan	$C_{13}H_{12}$	25,2	26,4
Antraxen	$C_{14}H_{10}$	216,5	38,7
Fenantren	$C_{14}H_{10}$	96,3	25,0
Tolan	$C_{14}H_{10}$	60	28,7
Xtinben	$C_{14}H_{12}$	124	40,0
Đifenyletan	$C_{14}H_{14}$	51,4	30,7
Trifenylmetan	$C_{19}H_{16}$	92,1	21,1
Ankylxiclohexan :			
Xiclohexan	C_6H_{12}	6,67	7,569
Metylxiclohexan	C_7H_{14}	−126,58	14,429
Ankylxiclopentan :			
Xiclopentan	C_5H_{10}	−93,80	2,068
Metylxiclopentan	C_6H_{12}	−142,445	19,68
Etylxiclopentan	C_7H_{14}	−138,435	11,10
1,1-Đimetylxiclo-pentan	C_7H_{14}	−69,73	3,36
cis-1,2-Đimetylxiclopentan	C_7H_{14}	−53,85	3,87
trans-1,2-Đimetyl-xiclopentan	C_7H_{14}	−117,57	15,68
trans-1,3-Đimetylxiclopentan	C_7H_{14}	−133,680	17,93
Monoolefin :			
Eten(etilen)	C_2H_4	−169,15	28,547
Propen (propilen)	C_3H_6	−185,25	17,054
Buten-1	C_4H_8	−185,35	16,393
cis-Buten-2	C_4H_8	−138,91	31,135
trans-Buten-2	C_4H_8	−105,55	41,564
2-Metylpropen (izobutilen)	C_4H_8	−140,35	25,265
Penten-1	C_5H_{10}	−165,27	16,82
cis-Penten-2	C_5H_{10}	−151,363	24,239
trans-Penten-2	C_5H_{10}	−140,235	26,536
2-Metylbuten-1	C_5H_{10}	−137,560	56,879
3-Metylbuten-1	C_5H_{10}	−168,500	18,009
2-Metylbuten-2	C_5H_{10}	−133,720	25,738
Các axetilen :			
Axetilen	C_2H_2	−81,5	23,04
Butin(đimetylaxetylen)	C_4H_6	−132,23	40,808
Các hợp chất hữu cơ khác			
Alyltioure	$C_4H_8N_2S$	77	33,45

Tiếp bảng I.186

1	2	3	4
Anhidrit xuxinic	$C_4H_4O_3$	119	48,74
Anilin	C_6H_7N	−6,3	27,09
Antraquinon	$C_{14}H_8O_2$	284,8	37,48
Axeton	C_3H_6O	−95,5	23,42
Axit :			
acrilic	$C_3H_4O_2$	12,3	37,03
aloxinamic	$C_9H_8O_2$	68	27,35
o-aminobenzoic	$C_7H_7NO_2$	145	37,48
m-aminobenzoic	$C_7H_7NO_2$	179,5	38,03
p-aminobenzoic	$C_7H_7NO_2$	188,5	36,46
axetic	$C_2H_4O_2$	16,7	46,68
benzoic	$C_7H_6O_2$	122,45	33,90
butiric	$C_4H_8O_2$	−5,7	30,04
capric	$C_{10}H_{20}O_2$	31,99	38,87
caprilic	$C_8H_{16}O_2$	16,3	35,40
α-cloaxetic	$C_2H_3ClO_2$	61,2	31,06
β-cloaxetic	$C_2H_3ClO_2$	56	35,12
o-clobenzoic	$C_7H_5ClO_2$	140,2	39,30
m-clobenzoic	$C_7H_5ClO_2$	154,25	36,41
p-clobenzoic	$C_7H_5ClO_2$	239,7	49,21
o-crotonicic	$C_4H_6O_2$	72	25,32
cis-croton	$C_4H_6O_2$	71,2	34,90
dicloaxetic	$C_2H_2Cl_2O_2$	−4	14,21
elaidic	$C_{18}H_{34}O_2$	44,4	52,08
fenylaxetic	$C_8H_8O_2$	76,7	25,44
fomic	CH_2O_2	8,40	58,89
glutaric	$C_5H_8O_4$	97,5	37,39
hidroxinamic	$C_9H_{10}O_2$	48	28,14
lauric	$C_{12}H_{24}O_2$	43,22	43,72
o-metylbenzoic	$C_8H_8O_2$	103,7	35,40
m-metylbenzoic	$C_8H_8O_2$	108,75	27,59
p-metylbenzoic	$C_8H_8O_2$	179,6	39,90
miritic	$C_{14}H_{28}O_2$	53,86	47,49
o-nitrobenzoic	$C_7H_5NO_4$	145,8	40,06
m-nitrobenzoic	$C_7H_5NO_4$	141,1	27,59

1	2	3	4
p-nitrobenzoic	$C_7H_5NO_4$	239,2	52,80
panmitic	$C_{16}H_{32}O_2$	61,82	39,18
α-pelagonic	$C_9H_{18}O_2$	12,35	30,63
β-pelagonic	$C_9H_{18}O_2$	–	39,04
tricloaxetic	$C_2HCl_3O_2$	57,5	8,60
α-undecanic	$C_{11}H_{22}O_2$	28,25	32,20
β-undecanic	$C_{11}H_{22}O_2$	–	42,91
xinamic	$C_9H_8O_2$	133	36,50
stearic	$C_{18}H_{36}O_2$	68,82	47,54
Azobenzen	$C_{12}H_{10}N_2$	67,1	28,91
Azoxibenzen	$C_{12}H_{10}N_2O$	36	21,62
Benzofenon	$C_{13}H_{10}O$	47,85	23,53
Benzyl	$C_{14}H_{10}O_2$	95,2	22,15
N-Benzylanilin	$C_{13}H_{13}N$	32,37	21,86
Bromalahidrat	$C_2H_3Br_3O_2$	46	16,90
o-Bromclobenzen	C_6H_4BrCl	−12,6	15,41
m-Bromclobenzen	C_6H_4BrCl	−21,2	15,29
p-Bromclobenzel	C_6H_4BrCl	64,6	23,41
p-Bromfenon	C_6H_5BrO	63,5	20,50
o-Bromiotbenzen	C_6H_4BrI	21	12,18
m-Bromiotbenzen	C_6H_4BrI	9,3	10,24
p-Bromiotbenzen	C_6H_4BrI	90,1	16,60
p-Bromtoluen	C_7H_7Br	28	20,86
Cacbon tetraclorua	CCl_4	−22,8	41,57
Camfor bromua	$C_{10}H_{15}BrO$	78	41,57
p-Cloanilin	C_6H_6ClN	71	37,15
m-Clonitrobenzen	$C_6H_4ClNO_2$	44,4	29,38
p-Clonitrobenzen	$C_6H_4ClNO_2$	83,5	31,51
Cloralancolat	$C_4H_7Cl_3O_2$	9	24,03
cloralhiđrat	$C_2H_3Cl_3O_2$	47,4	33,18
p-Crezol	C_7H_8O	34,6	26,28
o-Đibrombenzen	$C_6H_4Br_2$	1,8	12,78
m-Đibrombenzen	$C_6H_4Br_2$	−6,9	13,38
p-Đibrombenzen	$C_6H_4Br_2$	86	20,55
Đibrometilen	$C_2H_2Br_2$	10,012	13,52
2,4-Đibromfenol	$C_6H_4Br_2O$	12	13,97

Tiếp bảng I.186

1	2	3	4	1	2	3	4
o-Đibromxilen	$C_8H_8Br_2$	95	24,25	Hidrazobenzen	$C_{12}H_{12}N_2$	134	22,89
m-Đibromxilen	$C_8H_8Br_2$	77	21,45	*p*-Iottoluen	C_7H_7I	34	18,75
o-Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	−16,7	21,02	1-Mentol	$C_{10}H_{20}O$	43,5	18,63
m-Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	−24,5	20,55	*α*-Naftol	$C_{10}H_8O$	95,0	38,94
p-Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	53,13	29,67	*β*-Naftol	$C_{10}H_8O$	120,6	31,30
o-Điclokilen	$C_8H_8Cl_2$	55	29,03	*α*-Naftylamin	$C_{10}H_9N$	50	22,34
m-Đicloxilen	$C_8H_8Cl_2$	34	26,04	*o*-Nitroanilin	$C_6H_6N_2O_2$	71,2	27,88
p-Đicloxilen	$C_8H_8Cl_2$	100	32,73	*m*-Nitroanilin	$C_6H_6N_2O_2$	114,0	40,97
Đifenylamin	$C_{12}H_{11}N$	52,98	25,23	*p*-Nitronanilin	$C_6H_6N_2O_2$	147,3	36,46
o-Đihiđroxibenzen	$C_6H_6O_2$	104,3	49,40	Nitrobenzen	$C_6H_5NO_2$	5,85	22,52
m-Đihiđroxibenzen	$C_6H_6O_2$	109,65	46,20	*o*-Nitrofenol	$C_6H_5NO_3$	45,13	26,76
p-Đihiđroxibenzen	$C_6H_6O_2$	172,3	58,77	Nitronaftalen	$C_{10}H_7NO_2$	56,7	25,44
o-Điiotbenzen	$C_6H_4I_2$	23,4	10,15	Oxiaxetanilit	$C_8H_9NO_2$	91,3	33,59
m-Điiotbenzen	$C_6H_4I_2$	34,2	11,54	Parandehit	$C_6H_{12}O_3$	10,5	25,02
p-Điiotbenzen	$C_6H_4I_2$	129	16,20	Quinon	$C_6H_4O_2$	115,7	40,85
o-Đinitrobenzen	$C_6H_4N_2O_4$	116,93	32,25	*Rượu:*			
m-Đinitrobenzen	$C_6H_4N_2O_4$	89,7	24,7	amylic	$C_5H_{12}O$	−78,9	26,65
p-Đinitrobenzen	$C_6H_4N_2O_4$	173,5	39,99	butylic	$C_4H_{10}O$	−89,2	29,93
2,4-Đinitrotoluen	$C_6H_4N_2O_4$	70,14	26,40	butylic bậc ba	$C_4H_{10}O$	25,4	21,88
Đioxan	$C_4H_8O_2$	11,0	34,85	etylic	C_2H_6O	−114,4	25,76
Ete:				izopropylic	C_3H_8O	−88,5	21,08
đimetyl fumarat	$C_6H_8O_4$	102	57,93	metylic	CH_4O	−97,8	23,7
đimetyl oxalat	$C_4H_6O_4$	54,35	42,64	xetylic	$C_{16}H_{34}O$	49,27	33,80
etyl	$C_4H_{10}O$	−116,3	23,54	*o*-Tetracloxilen	$C_8H_6Cl_4$	86	21,02
etyl axetat	$C_4H_8O_2$	83,8	28,43	*p*-Tetracloxilen	$C_8H_6Cl_4$	95	22,10
izopropyl	$C_6H_{14}O$	−86,8	25,79	Tiofen	C_4H_4S	−39,4	14,11
metylfenylpropinat	$C_{10}H_8O_2$	18	22,86	*p*-Toluiđin	C_7H_9N	43,3	39,90
metyl xinamat	$C_{10}H_{10}O_2$	36	26,53	2,4,6-Tribromfenol	$C_6H_3Br_3O$	93	13,38
propyl	$C_6H_{14}O$	−126,1	20,66	Trinitroglixerin	$C_3H_5N_3O_9$	12,9	23,02
Fenol	C_6H_6O	40,92	29,03	2,4,6-Trinitrotoluen	$C_7H_5N_3O_6$	80,83	22,34
Fenylhiđrazin	$C_6H_8N_2$	19,31	36,31	Tristearin	$C_{57}H_{110}O_6$	70,8 (54,5)	45,63
Glicola	$C_2H_6O_2$	−11,5	43,26	Uretan	$C_3H_7NO_2$	48,7	40,85
Glixerin	$C_3H_8O_3$	18,07	47,39	Xianamit	CH_2N_2	44	49,81
				Xiclohexanol	$C_6H_{12}O$	25,46	4,19

Bảng 1.187. **Nhiệt độ nóng chảy và sự thay đổi thể tích của các hợp chất hữu cơ phụ thuộc vào áp suất.**

Trong bảng: sự thay đổi thể tích $\Delta V = V_{lỏng} - V_{rắn}$; các hợp chất hữu cơ xếp theo thứ tự tăng dần của số nguyên tử C trong công thức nguyên của phân tử, khi có cùng số nguyên tử C thì theo thứ tự tăng dần của số nguyên tử H [37,588]

Công thức	Tên chất	Áp suất, at	t_{nc}, °C	ΔV, cm³/mol
1	2	3	4	5
CF_4	Cacbon tetraflorua	1	183,67	1,6
CCl_4	Cacbon tetraclorua	1	−22,6	3,97
		1000	14,2	3,09
		2000	45,9	2,54
		4000	102,7	1,84
		6000	149,5	1,33
		8000	192,1	0,96
$CHCl_3$	Clorofom	3000	−12,1	6,33
		4000	3,4	5,95
		6000	32,4	5,23
		8000	58,6	4,64
		10000	83,7	4,18
		12000	107,9	3,83
		20000	192	3,13
		25000	243	2,76
$CHBr_3$	Bromofom	1	7,78	9,87
		1000	31,5	8,97
		2000	53,8	8,14
		4000	94,7	6,72
		6000	130,8	5,58
		8000	163,2	4,75
		10000	194,0	4,20
CH_2O_2	Axit fomic	1	8,5	5,29
CH_2Cl_2	Diclometan	10000	0	2,87
		15000	42	2,63
		20000	82	2,44
		25000	120	2,30
		30000	157	2,18
CH_4ON_2	Cacbamit (ure)	1	131,7	0,6
C_2F_4	Tetrafloetilen	1	−142,5	13,5
C_2F_6	Hexafloetan	1	−106,3	6,8
$C_2F_2Br_4$	Diflotetrabrometan	1	−111,5	6,1 10,11
$C_2H_3O_2Cl$	Axit cloaxetic	1	62,53	3,912
		7540	151,7	2,655
		9321	164,8	

Tiếp bảng I.187

1	2	3	4	5
$C_2H_4O_2$	Axit axetic	1	16,68	9,37
		1000	37,7	6,89
		2000	54,3	5,33
		4000	83	4,97
		6000	108,2	4,20
		8000	129,6	3,59
		10000	148,3	3,21
$C_2H_4Br_2$	Etilen bromua			
	(1,2-đibro-metan)	1	9,95	–
		500	22,45	8,23
		1000	34,0	7,14
C_2H_5ON	Axetamit	1	81,5	6,486
		1000	93,1	5,033
		2000	103,1	3,946
		4000	119,0	2,534
		6000	133,1	3,597
		8000	151,1	2,906
		10000	166,55	2,434
C_2H_5Br	Etyl bromua			
	(brometan)	1	-119	4,53
		15000	5	2,06
		20000	34	1,73
		25000	58	1,45
		30000	80	1,2
C_2H_6O	Rượu etylic	15000	-5	2,041
		20000	25	2,00
		25000	54	1,97
		30000	82	1,93
$C_3H_4O_2Br_2$	Axit 2,3-đibrompropinic	1	64,0	2,351
$C_3H_6O_2$	Axit propinic	1	-20,8	9,13
$C_3H_7O_2N$	Uretan (ete etylcacbamat)	1	47,9	5,54
		1000	57,3	3,352
		2000	64,2	2,471
		4000	75,8	1,675
		6000	98,0	5,099
		10000	138,4	3,875
C_3H_7Br	Propyl bromua			
	(1-brompropan)	15000	34	2,82
		20000	71	2,42
		25000	105	2,14
		30000	138	1,93
		40000	197	1,61

Tiếp bảng I.187

1	2	3	4	5
$C_4H_6O_4$	Ete dimetyloxalat	1	54,24	17,16
		1000	75,8	13,17
		2000	95,8	11,30
		4000	132,6	9,423
		8000	196,8	7,156
C_4H_8O	Ete etylaxetat	1	−82,4	–
		12100	25	2,11
		23800	75	2,07
$C_4H_8O_2$	Axit butiric	1	−5,5	4,19
$C_4H_8SCl_2$	2,2-Điclođietylsunfua	1	13,9	8,59
		1836	38,9	6,68
$C_4H_{10}O$	Rượu butylic	10000	12	3,54
		15000	49	3,20
		20000	80	2,96
		25000	108	2,76
		30000	132	2,61
$C_4H_{10}O$	Rượu butilic bậc ba	1	24,9	6,51
$C_5H_{10}O_2$	Axit valerianic	1	−34,5	10,90
$C_6H_4O_4N_2$	*m*-Đinitrobenzen	1	89,8	15,75
$C_6H_4Cl_2$	*p*-Điclobenzen	1	52,28	20,61
$C_6H_5O_2N$	Nitrobenzen	1	5,67	10,01
		1000	27,9	9,019
		2000	48,1	8,173
		4000	87,6	6,835
$C_6H_5O_2N$	Nitrobenzen	6000	122,3	6,014
		8000	153,8	5,435
		10000	184,5	4,959
$C_6H_5O_3N$	*p*-Nitrofenol	1	112,4	12,39
		500	125,5	11,29
		1000	137,7	10,29
		2000	159,8	8,54
		4000	198,8	6,19
C_6H_5Cl	Clobenzen	1	−45,5	8,00
		2000	−12,0	6,36
		4000	16,7	5,28
		6000	41,9	4,50
		8000	64,8	3,93
		10000	84,5	3,50
C_6H_5Br	Fenyl bromua	1	−31,1	8,86
		1000	−12,1	7,63
		2000	5,3	6,72
		4000	35,9	5,42
		6000	62,0	4,52
		10000	107,6	3,49

Tiếp bảng 1.187

1	2	3	4	5
C_6H_6	Benzen	1	5,43	10,29
		1000	32,5	8,01
		2000	56,5	6,81
		3000	77,7	5,93
		4000	96,6	5,27
		5000	114,6	4,80
		6000	131,2	4,40
		8000	162,2	3,79
		10000	190,5	3,30
C_6H_6O	Fenol	1	40,87	5,34
		500	47,5	4,43
		1000	53,4	3,72
		2000	63,3	2,63
		4000	99,8	6,72
		6000	131,0	5,93
		8000	158,8	5,32
		10000	184,6	4,83
		12000	209,2	4,40
C_6H_7N	Anilin	1	−6,4	7,95
		1000	13,1	7,30
		2000	31,6	6,74
		4000	64,5	5,87
		6000	93,2	5,22
		8000	119,1	4,67
		10000	143,2	4,20
		12000	165,3	3,77
C_6H_{12}	Xiclohexan	1,013	6,55	5,64
		7500	25	4,43
		8700	75	3,78
$C_6H_{12}O$	Xiclohexanol	1	25,45	2,52
$C_6H_{12}O_2$	Axit caproic	1	−3,95	13,66
$C_6H_{18}OSi_2$	Hexametyldisiloxan	500	−52,5	13,64
		1000	−37,7	12,11
		2000	−10,2	10,11
		4000	40,2	8,20
$C_7H_7O_2N$	*p*-Nitrotoluen	1	51,65	14,08
C_7H_8O	*o*-Crezol	1	30,8	8,95
		1000	47,4	7,33
		2000	61,9	6,02
		4000	81,8	4,39
		6000	102,9	3,45
		8000	118,1	2,85
C_7H_8O	*m*-Crezol	1	11,9	6,59

Tiếp bảng I.187

1	2	3	4	5
C_7H_9N	*p*-Toluidin	1	43,6	15,14
		1000	69,0	12,80
		2000	91,5	11,11
		4000	131,3	9,13
		6000	168,4	7,89
		8000	204,6	6,93
C_7H_{14}	Metylxiclohexan	13800	25	3,47
		18800	75	3,72
$C_8H_6O_2$	Ftalit	1	73	1,532
C_8H_8O	Axetofenol	1	19,2	12,54
	(metylfenylxeton)	11600	200	5,45
C_8H_{10}	*p*-Xilen	1	13,35	2,09
		197	20	2,05
		803	40	1,92
$C_6H_{16}O_2$	Axit caprilic	1	16,3	17,0
$C_8H_{24}O_2Si_3$	Octametyltrisiloxan	500	–74,3	19,51
		1000	–63,0	17,97
		5000	12,5	10,52
$C_{10}H_8$	Naftalen	1	80,01	18,74
		285	90	18,2
		430	95	17,8
		580	100	17,5
$C_{10}H_{12}O$	Anetol	1	22,3	11,80
$C_{10}H_{20}O$	Mentol	1	42,4	10,2
$C_{10}H_{22}O$	Ete diamyl	7500	25	9,62
		15000	75	5,94
$C_{10}H_{30}O_3Si_4$	Decametyltetrasiloxan	500	–62,7	20,53
		1000	–50,0	19,00
		5000	39,6	10,40
$C_{12}H_{11}N$	Difenylamin	1	54,0	16,21
		1000	79,1	13,66
		2000	103,0	11,98
		4000	144,9	9,92
		6000	180,9	8,53
		8000	212,9	7,58
$C_{12}H_{24}O_2$	Axit lauric	1	42,5	24,72
$C_{13}H_{10}O$	Benzofenol (difenylxeton)	1	47,77	16,47
		1000	74,6	14,08
		2000	98,9	12,55
		4000	142,00	10,40
		6000	179,6	9,07
		8000	213,7	8,05
$C_{13}H_{12}$	Difenylmetan	1	26,9	15,05
$C_{14}H_{14}$	1,2-Difenyletan	1	51,3	20,59
		500	68,4	19,14
		1000	83,2	17,50
		1500	97,30	16,04
$C_{16}H_{32}O_2$	Axit panmitic	1	61,2	4,321
$C_{19}H_{16}$	Trifenylmetan	1	92,8	18,15

Bảng I.188. **Nhiệt độ và nhiệt nóng chảy của một số vật liệu hợp kim và silicat [30.86]**

Tên vật liệu	t_{nc}, °C	q_{nc}, kcal/kg	Tên vật liệu	t_{nc}, °C	q_{nc}, kcal/kg
Các hợp kim			Silicat :		
30,5Pb + 69,5Sn	183	17	$CaAl_2Si_2O_3$	-	100
36,9Pb + 63,1Sn	179	15,5	$KAlSi_2O_8$	-	100
63,7Pb+36,3Sn	177,5	11,6	$KAlSi_3O_8$	-	83
77,8Pb + 22,2Sn	176,5	9,54	$CaSiO_3$	-	100
24Pb+27,3Sn + 48,7Bi	98,8	6,85	$Ca_3MgSi_4O_{12}$	-	94
25,8Pb + 14,7Sn + 52,4Bi + 7Cd	75,5	8,4	$CaMgSi_2O_6$	-	100
			Mg_2SiO_4	-	130
			Fe_2SiO_4	-	85
			Spemaxet	43,3	37,0

Bảng I.189. **Nhiệt độ nóng chảy của một số chất [29.228]**

Tên chất	t_{nc}, °C	Tên chất	t_{nc}, °C
Andezit	1190 – 1260	Macnali (hợp kim)	~600
Axit nitric (>20%)	< –20	Mazut đốt lò	< +25
Axit sunfuric (100%)	+10,45	Mica	1100
Bakelit	50 – 150	Mỡ bò	40 – 45
Bitum dầu mỏ	25 – 150	Mỡ dầu mỏ	57
Cao lin	> 1700	Natri cacbonat nung	853
Cao su rubrac	125 – 150	Nicrom	~1100
Colofan (nhựa thông)	52 – 68	Nhựa copan	100 – 360
Constantan	~1280	Nhựa pec:	
Croman (hợp kim)	~1500	pec dầu than đá	45 – 85
Cromen (hợp kim)	~1400	pec dầu mỏ	60 – 95
Dầu bôi trơn :		Olein	< -6
dầu máy bay	< – 10	Oleum	– 10 ÷ +35
dầu nhờn công nghiệp :		Ozokerit	72
dầu động cơ	< 0	Pamitin	65
dầu nhẹ	< –20	Parafin chưa tinh chế	42
dầu trung bình	< –5	Parafin đã tinh chế	49 – 54
dầu xi lanh	< 5	Pirobenzen	< 10 đến –32
Dầu gazoin	< 5	Samot	> 1500
Dầu hỏa	< – 10	Sáp ong	61 – 64
Dầu mỏ	từ –20 đến +10	Sáp parafin cứng	52 – 56
Dầu thực vật :		Sáp parafin mềm	38 – 52
dầu gai	< –20	Sắt nguyên chất	15355
dầu hướng dương	< – 17	Sắt rèn	1400 – 1500
dầu oliu	< –5	Senlac (nhựa cánh kiến)	110 – 120
dầu thầu dầu	< – 10	Stearin	72
Đất sét	1120 – 1790	Sứ	> 1530
Đất sét chịu lửa	> 1580	Thạch anh	~17
Điaba	> 1000	Thép (1% C)	1430
Đồng đen (Cu90%, Sn10%)	1000	Thiếc hàn mềm	275
Đồng thau (Cu65%, Zn35%)	940	Thủy tinh	460 – 800
Fecran	~1450	Vazolin	37 – 52
Ganig	> 1150	Vôi	2570
Hổ phách	352 – 281	Xolidon (mỡ)	70 – 90

Bảng I.190. **Nhiệt độ đóng rắn của axit sunfuric phụ thuộc nồng độ [29-348]**

Nồng độ H_2SO_4 % khối lượng	t_{dr}, °C	Nồng độ H_2SO_4 % khối lượng	t_{dr}, °C	Nồng độ H_2SO_4 % khối lượng	t_{dr}, °C
1	−0,2	57	−24,8	83	7,0
4	−1,2	57,6	−24,4	84	8,0
8	−3,7	58	−24,5	84,5	8,3
10	−5,5	59	−24,85	85	7,9
12	−7,6	60	−25,8	86	6,6
14	−9,9	61	−27,15	87	4,1
16	−12,6	62	−28,85	88	0,5
18	−15,7	63	−30,8	89	−4,3
20	−19,0	64	−33,0	90	−10,2
22	−22,7	65	−35,3	91	−17,3
24	−26,7	66	−37,75	92	−25,6
26	−31,1	67	−40,3	93	−35,0
28	−35,9	-	< −39	93,3	−37,8
30	−41,2	76	−28,1	94	−30,8
-	< −41	77	−19,4	95	−21,8
48	−38,5	78	−13,6	96	−13,6
50	−34,2	79	−8,2	97	−6,3
52	−30,9	80	−3,0	98	0,1
54	−28,3	81	1,5	99	5,7
56	−25,9	82	4,8	100	10,45

Bảng I.191. **Nồng độ đóng rắn của oleum phụ thuộc vào nồng độ SO_3 tự do [29.348]**

% SO_3 tự do	t_{dr}, °C	% SO_3 tự do	t_{dr}, °C	% SO_3 tự do	t_{dr}, °C
1	9,5	20	−11,0	40	33,3
5	4,95	22	−4,6	45	35,9
10	−2,5	24	1,5	50	31,8
15	−11,3	25	4,35	55	22,5
18	−16,9	30	17,1	60	7,1
19	−14,4	35	26,9	65	−0,35

Bảng I.192. **Nhiệt độ đóng rắn của dung dịch canxi clorua $CaCl_2$ [29.346]**

Khối lượng riêng ở 15°C, g/cm³	Nồng độ CaCl, g		t_{dr}, °C	Khối lượng riêng ở 15°C, g/cm³	Nồng độ $CaCl_2$, g		t_{dr}, °C
	trong 100g dung dịch	trong 100g nước			trong 100g dung dịch	trong 100g nước	
1,00	0,1	0,1	0,0	1,15	16,8	20,2	−12,7
1,01	1,3	1,3	−0,6	1,16	17,8	21,7	−14,2
1,02	2,5	2,6	−1,2	1,17	18,9	23,3	−15,7
1,03	3,6	3,7	−1,8	1,18	19,9	24,9	−17,4
1,04	4,8	5,0	−2,4	1,19	20,9	26,5	−19,2
1,05	5,9	6,3	−3,0	1,20	21,9	28,0	−21,2
1,06	7,1	7,6	−3,7	1,21	22,8	29,6	−23,3
1,07	8,3	9,0	−4,4	1,22	23,8	31,2	−25,7
1,08	9,4	10,4	−5,2	1,23	24,7	32,9	−28,3
1,09	10,5	11,7	−6,1	1,24	25,7	34,6	−31,2
1,10	11,5	13,0	−7,1	1,25	26,6	36,2	−34,6
1,11	12,6	14,4	−8,1	1,26	27,5	37,9	−38,6
1,12	13,7	15,9	−9,1	1,27	28,4	39,7	−43,6
1,13	14,7	17,3	−10,2	1,28	29,4	41,6	−50,1
1,14	15,8	18,8	−11,4	1,285	29,9	42,7	−55,0

Bảng I.193. **Nhiệt độ đóng rắn của dung dịch natri clorua [29.346]**

Khối lượng riêng ở 15°C, g/cm³	Nồng độ NaCl, g		$t_{đr}$, °C	Khối lượng riêng ở 15°C, g/cm³	Nồng độ NaCl, g		$t_{đr}$, °C
	trong 100g dung dịch	trong 100g nước			trong 100g dung dịch	trong 100g nước	
1,01	105	1,5	−0,9	1,10	13,6	15,7	−9,8
1,02	2,9	3,0	−1,8	1,11	14,9	17,5	11,0
1,03	4,3	4,5	−2,6	1,12	16,2	19,3	−12,2
1,04	5,6	5,9	−3,5	1,13	17,5	21,2	−13,6
1,05	7,0	7,5	−4,4	1,14	18,8	23,1	−15,1
1,06	8,3	9,0	−5,4	1,15	20,0	25,0	−16,0
1,07	9,6	10,6	−6,4	1,16	21,2	26,9	−18,2
1,08	11,0	12,3	−7,5	1,17	22,4	29,0	−20,0
1,09	12,2	14,0	−8,6	1,175	23,1	30,1	−21,2

Bảng I.194. **Nhiệt độ đóng rắn của dung dịch magiê clorua $MgCl_2$ [29.345]**

Khối lượng riêng ở 15°C, g/cm³	Nồng độ $MgCl_2$, g		$t_{đr}$, °C	Khối lượng riêng ở 15°C, g/cm³	Nồng độ $MgCl_2$, g		$t_{đr}$, °C
	trong 100g dung dịch	trong 100g nước			trong 100g dung dịch	trong 100g nước	
1,00	0,2	0,2	0,0	1,10	11,6	13,1	−10,3
1,01	1,4	1,4	−0,7	1,11	12,7	14,5	−12,3
1,02	2,6	2,7	−1,4	1,12	13,8	16,0	−14,5
1,03	3,7	3,9	−2,2	1,13	14,9	17,5	−17,1
1,04	4,9	5,2	−3,1	1,14	16,0	19,1	−19,9
1,05	6,1	6,5	−4,0	1,15	17,0	20,5	−22,9
1,06	7,2	7,8	−5,0	1,16	18,0	22,0	−26,0
1,07	8,3	9,1	−6,0	1,17	19,1	23,6	−29,1
1,08	9,4	10,4	−7,2	1,18	20,1	25,2	−32,2
1,09	10,5	11,7	−8,7	1,184	20,6	25,9	−33,6

Bảng I.195. **Nhiệt độ đóng rắn của dung dịch axit axetic trong nước [29.347]**

% CH_3COOH	$t_{đr}$, °C	% CH_3COOH	$t_{đr}$, °C	% CH_3COOH	$t_{đr}$, °C
6,5	−2,1	66,4	−20,5	91,4	5,3
11,9	−3,9	80,7	−7,4	92,6	6,3
16,2	−5,2	82,7	−5,1	94,3	8,2
30,1	−10,9	84,7	−2,6	96,0	10,2
41,5	−15,9	87,0	−0,2	97,0	11,8
50,6	−19,8	89,2	2,7	98,0	13,3
55,5	−22,3	90,1	3,6	99,0	14,8
61,9	−24,2	90,9	4,3	99,5	15,7

Bảng I.196. **Nhiệt độ đóng rắn của các dung dịch glixerin, rượu etylic và etylenglicol trong nước [29.347]**

Glyxerin								
% khối lượng	10	20	30	40	50	60	70	80
t_{dr}, °C	−1,6	−5	−9,5	−15,4	−23,0	−34,7	−38,9	−20,3

Rượu etylic						
% khối lượng	11,3	18,8	20,3	22,1	24,2	26,7
t_{dr}, °C	−5,0	−9,4	−10,6	−12,2	−14	−16,0
% khối lượng	29,9	33,8	39	46,3	56,1	71,9
t_{dr}, °C	−18,9	−23,6	−28,7	−33,9	−41,0	−51,3

Etylenglicol								
% khối lượng	12,5	17,0	25,0	32,5	38,5	44,0	49,0	52,5
t_{dr}, °C	−3,9	−6,7	−12,2	−17,8	−23,3	−28,9	−34,4	−40,4

Bảng I.97. **Nhiệt độ sôi của nước ở áp suất khác nhau [3.70, 21.326]**

p, mm Hg	t_s, °C	p, mm Hg	t_s, °C	p, mm Hg	t_s, °C
680	96,9	720	98,5	760	100,0
685	97,1	725	98,7	765	100,2
690	97,3	730	98,9	770	100,4
695	97,5	735	99,1	775	100,6
700	97,7	740	99,3	780	100,7
705	97,9	745	99,5	785	100,9
710	98,1	750	99,6	790	101,1
715	98,3	755	99,8	800	101,5
p, at	t_s, °C	p, at	t_s, °C	p, at	t_s, °C
1	99,09	8	169,61	15	197,36
2	119,62	9	174,53	16	200,43
3	132,88	10	179,04	17	203,35
4	142,92	11	183,20	18	206,14
5	151,11	12	187,08	19	208,81
6	158,08	13	190,71	20	211,38
7	164,17	14	194,13	21	213,85

p, mm Hg : áp suất tính theo đơn vị tor hay mm Hg : p, at: áp suất tính theo đơn vị át mốt phe kỹ thuật bằng 1kgl/cm^2 hay bằng 9,81. 10^4 N/m^2.

Tiếp bảng I.197

p, at	t_s, °C	p, at	t_s, °C	p, at	t_s, °C
22	216,33	42	252,07	100	309,53
23	218,53	44	254,87	110	316,58
24	220,75	46	257,56	120	323,15
25	222,90	48	260,17	130	329,30
26	224,99	50	262,70	140	335,09
27	227,01	55	268,70	150	340,56
28	228,98	60	274,29	160	345,74
29	230,89	65	279,50	170	350,66
30	232,76	70	284,48	180	355,35
32	236,35	75	289,20	190	359,82
34	239,77	80	293,62	200	364,08
36	243,04	85	297,90	210	368,16
38	246,17	90	301,92	220	372,10
40	249,18	95	305,80	trạng thái tới hạn	
				225,5	374,20

Bảng I.198 **Nhiệt độ sôi của dung dịch axit sunfuric-nước ở áp suất khí quyển [39.262]**

% H_2SO_4	t_s, °C	% H_2SO_4	t_s, °C	% H_2SO_4	t_s, °C	% H_2SO_4	t_s, °C
1	100,2	27	106,6	53	128,7	79	205,4
2	100,4	28	107,0	54	130,4	80	210,2
3	100,6	29	107,4	55	132,0	81	215,2
4	100,8	30	107,9	56	133,8	82	220,4
5	101,0	31	108,3	57	135,7	83	225,7
6	101,2	32	108,8	58	137,6	84	231,3
7	101,4	33	109,0	59	139,6	84,5	234,2
8	101,6	34	109,9	60	141,8	85	237,1
9	101,8	35	110,5	61	144,0	86	243,0
10	102,0	36	111,1	62	146,4	87	249,2
11	102,2	37	111,7	63	148,8	88	255,5
12	102,4	38	112,4	64	151,4	89	262,1
13	102,7	39	113,1	65	154,1	90	268,9
14	102,9	40	113,9	66	156,8	91	275,9
15	103,1	41	114,7	67	159,7	92	283,2
16	103,4	42	115,6	68	162,8	93	290,6
17	103,6	43	116,5	69	165,9	94	298,4
18	103,8	44	117,4	70	169,2	95	306,3
19	104,1	45	118,4	71	172,6	96	314,5
20	104,4	46	119,5	72	176,2	97	323,0
21	104,6	47	120,6	73	179,9	98	332,4
22	104,9	48	121,8	74	183,8	98,3	336,5
23	105,2	49	123,1	75	187,8	99	318,0
24	105,5	50	124,4	76	191,2	100	296,2
25	105,9	51	125,8	77	196,2	-	-
26	106,3	52	127,2	78	200,7	-	-

Bảng I.199 **Nhiệt độ sôi của oleum ở áp suất khí quyển [39.262]**

% SO_3 tự do	t_s, °C	% SO_3 tự do	t_s, °C	% SO_3 tự do	t_s, °C	% SO_3 tự do	t_s, °C
1	287,3	26	141,7	51	80,7	76	57,4
2	278,7	27	138,0	52	79,3	77	56,8
3	270,3	28	134,4	53	78,0	78	56,2
4	262,6	29	131,0	54	76,7	79	55,6
5	255,1	30	127,7	55	75,4	80	55,0
6	247,8	31	124,5	56	74,2	81	54,5
7	240,8	32	121,5	57	73,0	82	53,9
8	234,0	33	118,5	58	71,9	83	53,4
9	227,3	34	115,6	59	70,8	84	52,8
10	220,9	35	112,9	60	69,8	85	52,3
11	214,7	36	110,2	61	68,8	86	51,8
12	208,6	37	107,7	62	67,2	87	51,3
13	202,8	38	105,2	63	66,9	88	50,7
14	197,1	39	102,9	64	66,0	89	50,2
15	191,6	40	100,6	65	65,2	90	49,7
16	186,3	41	98,4	66	64,4	91	49,2
17	181,1	42	96,3	67	63,6	92	48,7
18	176,1	43	94,4	68	62,8	93	48,2
19	171,3	44	92,4	69	62,0	94	47,7
20	166,6	45	90,5	70	61,3	95	47,2
21	162,1	46	88,7	71	60,5	96	46,7
22	157,7	47	87,0	72	59,9	97	46,2
23	153,5	48	85,3	73	59,3	98	45,7
24	149,4	49	83,7	74	58,6	99	45,2
25	145,5	50	82,2	75	58,0	100	44,7

Bảng I.200. **Nhiệt độ soi của hỗn hợp khan (không chứa nước) axit nitric và axit sunfuric [39.263]**

t_s, °C	Nồng độ H_2SO_4 trong hỗn hợp, %	Nồng độ HNO_3 trong hỗn hợp, %	t_s, °C	Nồng độ H_2SO_4 trong hỗn hợp, %	Nồng độ HNO_3 trong hỗn hợp, %
84,5	33,3	66,7	108	50	20
93	60	40	115	84	16
103,5	75	25	185	96	4

Bảng I.201. **Nhiệt độ sôi của các dung dịch HNO_3, HCl, HBr trong nước [39.263]**

HNO_3		NO_3		HCl		HBr	
% mol	t_s, °C	% mol	t_s, °C	% mol	t_s, °C	% mol	t_s, °C
ở p = 360mmHg		ở p = 760mmHg		ở p = 760mmHg		ở p = 760mmHg	
0	80,5	0	100,0	0,0	100	0	100,0
10	86,5	10	106,0	2,0	101,8	2	114,7
20	92,3	20	114,6	4,0	103,3	6	122,4
30	98,2	30	120,4	6,0	105,3	15	126,0
39	100,2	37	121,9	8,0	108,0	25	124,3
50	96,6	45	120,4	10,5	109,7	70	104,3
60	89,6	55	114,9	12,0	109,0	80	92,0
99	63,5	70	103,4	14,0	105,2	90	36
		86	95,2	17,0	92,0	95	26
				18,5	82,7		
				26,3	19,0		

Bảng I.202. **Nhiệt độ sôi và thành phần chất lỏng, hơi axit nitric ở 760 mm Hg [39.265]**

Nhiệt độ t_s, °C	Nồng độ HNO_3 trong chất lỏng, %	Nồng độ HNO_3 trong hơi, %	Nhiệt độ t_s, °C	Nồng độ HNO_3 trong chất lỏng, %	Nồng độ HNO_3 trong hơi, %
106,5	24,2	2,16	121,5	70,1	84,0
112,0	33,0	5,9	118,0	76,5	92,0
118,5	49,8	19,85	112,0	80,0	97,6
121,5	61,0	41	99,0	85,2	98,0
121,8	65,21	65,10	90,5	90,2	99,7
121,9	68,4	68,4	85,5	96,0	99,9

Bảng I.203. **Nhiệt độ sôi hay thăng hoa của các hợp chất vô cơ khi áp suất hơi bằng và lớn hơn 1 at [37.615]**

Công thức	Tên chất	Nhiệt độ sôi hay thăng hoa (°C) khi áp suất hơi bão hòa bằng							Nhiệt độ tới hạn, °C	Áp suất tới hạn, at
		1 at	2at	5 at	10 at	20 at	40 at	60 at		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
AsH_3	Asen hiđrua	−62,5	−40	−17	4	...	–	–	–	...
BCl_3	Bo clorua	12,4	33,2	66,0	96,7	135,4	–	–	178,8	38,2
BF_3	Bo florua	−101,0	−87,8	−71,1	−56,2	−39,0	−18,9	...	−12,3	49,2
B_2H_6	Điboran	−92,6	−73,3	−57,8	−37,4	−11,9	–	–	16,5	36,4
CCl_4	Cacbon tetraclorua	76,5	102,0	141,7	178,0	222,0	276,0	–	283,2	45,0
$(CN)_2$	Đixianogen	−21,2	−4,4	21,4	44,6	72,6	106,5	–	126,6	58,2
CO	Cacbon oxit	−191,6	−184,9	−174,4	−164,0	−151,6	–	–	140,3	34,5
CO_2	Cacbon đioxit	−78,5R	−69,8R	−57,0	−39,8	−19,1	5,9	22,9	31,0	72,9
COS	Cacbon oxisunfua	−50,3	−33	−4	20	49	85	103	105	61
CS_2	Cacbon đisunfua	46,2	69,1	104,8	136,3	175,5	222,8	256,0	279	78
ClO_3F	Florua anhiđrit axit pecloric	−46,8	−30,6	−5,0	18,2	45,9	79,4	–	95,2	53,0
$GeCl_4$	Gecmani tetraclorua	85,8	120	147	202	242	–	–	276,9	38,0
HBr	Hiđro bromua	−66,8	−51,5	−29,1	−8,4	16,8	48,1	76,6	90,0	84,0
HCN	Hiđro xianua	25,6	44,5	75,7	104,5	142,1	169,9	–	183,5	53,2
HCl	Hiđro clorua	−85,1	−71,4	−50,5	−31,7	−8,8	17,8	36,2	51,4	81,5
HF	Hiđro florua	19,5	40,1	70,4	98,3	–	–	–	188	68,4

Chú thích : R - thể rắn.

Tiếp bảng I.203

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HI	Hiđro iođua	−35,4	−18,9	7,3	32,0	62,2	100,7	127,5	151,0	82,0
H_2O	Nước	100,0	120,1	152,4	180,5	213,1	251,1	276,5	374,2	218,3
D_2O	Đoteri oxit	101,4	120,9	153,0	180,8	213,2	251,1	273,4	370,9	218,6
HDO	Đoterohiđro oxit	100,7	20,5	152,7	180,7	213,1	251,1	–	–	–
H_2S	Hiđrosunfua	−60,2	−45,9	−22,3	−0,4	25,5	55,8	76,3	100,4	88,9
H_2O_2	Hiđropeoxit	150,0	173,5	208,3	240,7	–	–	–	–	–
H_2Se	Hiđro xelenua	−41,4	−25,2	0,0	23,4	50,8	84,0	108,7	137	91,0
NH_3	Amoniac	−33,5	−18,7	4,7	25,7	50,1	78,9	98,3	132,4	111,5
N_2H_4	Hiđrazin	113,6	131	157	182	227	272	302	380	145
NO	Nitơ oxit	−151,8	−145,1	−135,8	−127,1	−117,0	−104,8	−96,4	92,9	64,6
N_2O	Đinitơ oxit	−88,5	−74,7	−54,5	−36,4	−14,9	10,8	28,3	36,5	71,7
N_2O_4	Nitơ đioxit	20,7	37,3	59,8	79,4	100,3	121,4	132,2	158	99
PF_3	Photpho triflorua	−101,1	−82	−62	−46	−28	−10	–	−10	40
PH_3	Photpho hiđrua	−87,8	−69	−43	−19	7	33	50	51,3	64,5
SF_6	Lưu huỳnh sáu florua	−64,0	(−53,2)	(29,4)	−7,7	18,1	–	–	45,6	37,1
SO_2	Lưu huỳnh đioxit	−10,1	6,3	32,1	55,5	83,8	118,0	141,7	157,5	77,8
SO_3	Lưu huỳnh trioxit	44,9	57,9	77,9	94,7	113,2	133,6	146,6	218,2	83,8
SiH_4	Silan	−111,2	−97	−75	−57	−34	−11	–	−3,5	47,8
$SnCl_4$	Thiếc tetraclorua	113,7	141,3	184,3	223,0	270,0	–	–	318,7	37,0
UF_6	Urani sáu florua	56,6r	74,4	107,9	139,6	177,5	222,6	–	230,2	45,5

Bảng I.204. **Nhiệt độ sôi của một số dung dịch muối trong nước**

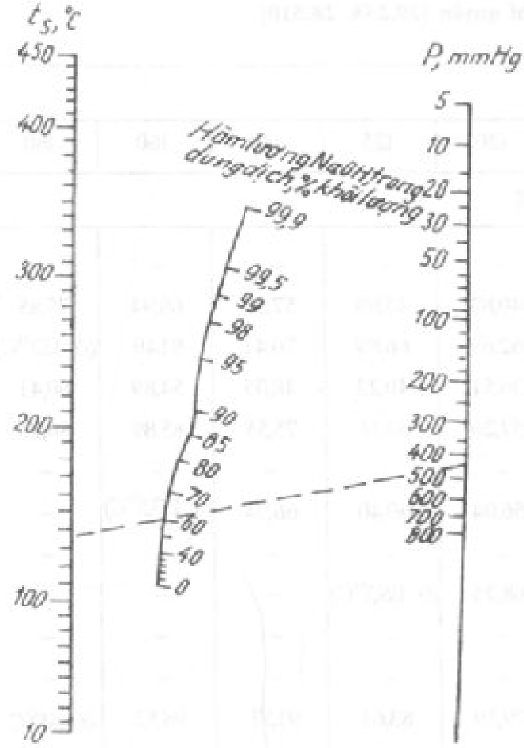
Chất	Nhiệt						
	101	102	103	104	105	107	110
	Nồng độ của dung dịch,						
$BaCl_2$	11,26	20,11	27,38	33,11	35,57	(ở 105°C)	–
$CaCl_2$	5,66	10,31	14,16	17,36	20,00	24,24	29,3
$Ca(NO_3)_2$	9,09	16,66	23,08	28,57	33,33	41,0	49,49
KOH	4,49	8,51	11,97	14,82	17,01	20,88	25,65
$KC_2H_3O_2$ (kali axetat)	5,66	10,71	15,25	19,67	23,66	30,56	38,8
KCl	8,42	14,31	18,96	23,02	26,57	32,62	36,47
K_2CO_3	10,31	18,37	24,24	28,57	32,24	37,69	43,99
$KClO_3$	11,66	21,75	30,84	38,34	40,89	(ở 104,4°C)	–
KI	13,04	29,97	31,03	37,50	42,52	49,87	57,26
KNO_3	13,19	23,66	32,23	39,20	45,10	54,65	65,34
$K_2H_4O_6$ (kali tatrat)	14,67	25,48	23,61	40,26	45,56	53,70	62,06
$KNaC_4H_4O_6$ (kali natri tatrat)	14,75	25,65	33,24	40,51	45,89	54,34	63,1
$MgCl_2$	4,67	8,42	11,66	14,31	16,59	20,32	24,41
$MgSO_4$	14,31	22,78	28,31	32,23	35,32	42,86	(ở 108°C)
NaOH	4,12	7,40	10,15	12,51	14,53	18,32	23,0
NaCl	6,19	11,03	14,67	17,69	20,32	25,09	28,9
$NaNO_3$	8,26	15,61	21,87	27,53	32,43	40,47	49,87
$NaC_2H_3O_2$ (natri axetat)	7,83	13,79	19,03	23,38	26,74	32,66	39,76
Na_2SO_4	15,26	24,81	30,73	31,83	(ở 103,2°C)	–	–
$Na_2S_2O_3$	12,28	21,26	28,06	33,11	37,10	32,22	50,98
Na_2HPO_4	14,67	25,51	33,95	46,18	46,03	52,49	–
$Na_2C_4H_4O_6$ (natri tatrat)	14,98	25,93	34,21	40,83	46,24	54,55	59,3
Na_2CO_3	9,42	17,22	23,72	29,18	33,86	–	–
$Na_2B_4O_7$	14,67	27,28	37,96	47,12	–	–	–
$CuSO_4$	26,95	39,98	40,83	44,47	–	–	–
$ZnSO_4$	20,00	31,22	37,89	42,92	46,15	–	–
NH_4NO_3	9,09	11,66	23,08	29,08	34,21	42,53	51,3
NH_4Cl	6,10	11,35	15,96	19,80	22,89	28,37	35,0
$(NH_4)_2SO_4$	13,34	23,14	30,65	36,71	41,79	49,73	49,7

ở áp suất khí quyển [39.258, 28.510]

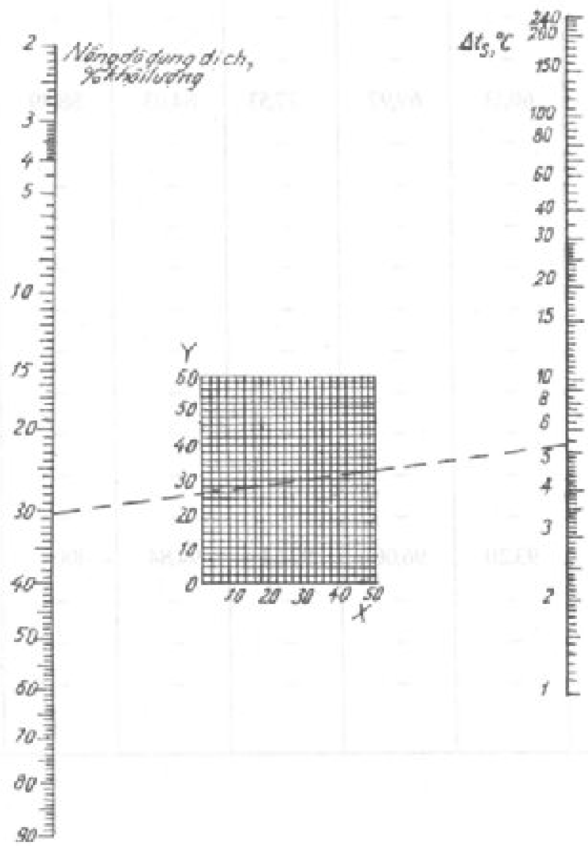
độ, °C									
115	120	125	140	160	180	200	220	240	260
% khối lượng									
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
35,68	40,83	45,80	57,89	68,94	75,85	–	–	–	–
57,89	62,69	66,89	76,41	81,49	(ở 152°C)	–	–	–	–
31,97	36,51	40,23	48,05	54,89	60,41	64,91	68,73	72,46	75,76
49,49	57,26	63,17	75,55	85,89	86,23	(ở 161°C)	–	–	–
(ở 108,5 °C)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
50,86	56,04	60,40	66,94	(ở 133,5°C)	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
64,90	68,75	(ở 118,5°C)	–	–	–	–	–	–	–
79,53	–	–	–	–	–	–	–	–	–
71,12	–	–	–	–	–	–	–	–	–
73,16	79,59	83,61	91,57	98,52	ở 165°C	–	–	–	–
29,48	33,07	36,02	38,61	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
26,21	33,77	37,58	48,32	60,13	69,97	77,53	84,03	88,89	93,02
(ở 108°C)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
60,94	68,94	–	–	–	–	–	–	–	–
49,92	59,36	67,43	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
59,51	68,20	75,12	–	–	–	–	–	–	–
(ở 108,4°C)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
63,24	71,26	77,11	87,09	93,20	96,00	97,61	94,84	100	–
46,95	–	–	–	–	–	–	–	–	–
53,55	(ở 108,2°C)	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của áp suất và nồng độ xút trong dung dịch, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt độ sôi t_s. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của t_s phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



Hình 1.59. Toán đồ để xác định nhiệt độ sôi của dung dịch natri hiđroxit NaOH trong nước [49.61]



Cách dùng. Qua hai điểm xác định theo tọa độ X và Y của chất muối (xem bảng trang 239) và điểm ứng với nồng độ của dung dịch, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang chia mức tăng nhiệt độ sôi Δt_s. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của Δt_s phải tìm.

Hình 1.60. Toán đồ để xác định mức tăng nhiệt độ sôi của một số dung dịch các muối tan trong nước [45.59]

Bảng dùng cho toán đồ hình I.60

Chất hòa tan	Tọa độ điểm		Giới hạn nồng độ % khối lượng	Chất hòa tan	Tọa độ điểm		Giới hạn nồng độ, % khối lượng
	X	Y			X	Y	
KOH	33	45,5	0–86	$NaC_2H_3O_2$	36,5	31	0–67,5
$KC_2H_3O_2$	46	36,5	0–86	(natri axetat)	42,5	26	0–69
KCl	30	32,5	0–37	$NaNO_3$	31,5	40	0–29
K_2CO_3	20,5	25	0–67	NaCl	27,5	53	0–14,5
$KClO_3$	43,5	16,5	0–40	NaOH	42	50	14,5–90
KI	35	15,5	0–69	NaOH	43	10	0–47,5
KNO_3	43,5	14,5	0–79	$Na_2B_4O_7$	36,5	24,5	0–44
$K_2C_4H_4O_6$	37	13,5	0–70	Na_2CO_3	36	13	0–51
(kali tatrat)				Na_2HPO_4	27,5	29	0–29
$KNaC_4H_4O$	38,5	13	0–90	NaBr	42	16	0–23
(kali natri tatrat)				NaI	40	23	0–7
KBr	19	26,5	0–34	NaCNS	35,5	21	0–36
NH_4Cl	37	35	0–40	$BaCl_2$	40	15	0–42
NH_4NO_3	42,5	24	0–90	$BaCl_2 . 2H_2O$	32,5	41,5	0–40
$(NH_4)_2SO_4$	34,5	17	0–53	$CaCl_2$	43	46	40–76
NH_4Br	40	23	0–17	$Ca(NO_3)_2$	36,5	25,5	0–76
$Na_2S_2O_3$	33,5	20	0–75	$CuSO_4$	8	3	0–45
Na_2SO_4	29,5	17	0–32	$MgSO_4$	31,5	17,5	0–43
				$MgCl_2$	29	48	0–39
				$AgNO_3$	44,5	4,5	0–58

Bảng I.205. **Nhiệt độ sôi cực đại của các dung dịch nước muối ở áp suất khí quyển [29.350]**

Tên muối hòa tan	*c*	t_s	Tên muối hòa tan	*c*	t_s	Tên muối hòa tan	*c*	t_s
$Ba(NO_3)_2$	27,5	101,7	K_2SO_4	31,6	102,1	Na_2CO_3	51,2	105
$CaCl_2$	30,5	178	LiCl	151	168	NaCl	40,7	108,8
$CuSO_4$	82,2	104,2	$MgSO_4$	75	108	$NaNO_3$	222	120
KCl	75,4	108,5	$MnSO_4$	68,4	102,4	$Na_2S_2O_3$	348	126
$CClO_3$	69,2	104,4	NH_4Cl	87,1	114,8	Na_2SO_4	46,7	103,2
KI	220	185	$(NH_4)_2SO_4$	115,3	108,2	$Pb(NO_3)_2$	137	103,5
KNO_3	338,3	115	$NaC_2H_3O_2$	207	125	$ZnSO_4$	85,7	105
						$Sr(NO_3)_2$	116,5	106,3

c- nồng độ chất tan trong dung dịch bão hòa ở nhiệt độ *t*, tính bằng gam chất tan trong 100g nước; t_s - nhiệt độ sôi của dung dịch bão hòa ở áp suất 760mm Hg, °C.

Bảng 1.206. **Mức tăng nhiệt độ sôi của dung dịch các hợp chất vô cơ và hữu cơ trong nước [39.269]**

Nồng độ: số gam chất tan trong 100g nước	Nồng độ: số phân tử gam trong 1000 g nước	Mức tăng nhiệt độ sôi Δt, °C	Mức tăng nhiệt độ sôi phân tử, °C
1	2	3	4
	$AgNO_3$		
0,804	0,0473	0,044	0,93
1,543	0,0908	0,087	0,96
3,893	0,2290	0,197	0,86
7,495	0,4409	0,382	0,87
15,545	4,9146	0,741	0,81
35,08	2,064	1,526	0,739
86,43	5,085	3,143	0,618
136,36	8,024	4,415	0,550
	$BaCl_2$		
3,397	0,1631	0,208	1,28
8,777	1,4215	0,525	1,25
18,619	0,8939	1,174	1,31
35,036	1,682	2,517	1,496
54,191	2,602	4,157	1,599
	$Ba(NO_3)_2$		
1,205	0,0461	0,065	1,4
2,270	0,0868	0,104	1,2
23,25	0,8890	0,911	1,02
	$CaCl_2$		
0,00898	0,000809	0,00124	1,529
0,0180	0,00162	0,00238	1,472
0,0359	0,00324	0,00468	1,446
0,0718	0,00647	0,00909	1,405
0,174	0,0158	0,0214	1,355
0,363	0,0327	0,0428	1,310
0,722	0,0650	0,0808	1,243
1,78	0,160	0,197	1,231
3,50	0,315	0,411	1,304
	$Ca(NO_3)_2$		
0,0133	0,00809	0,00125	1,542
0,0265	0,00162	0,00243	1,501
0,0531	0,00324	0,00463	1,432
0,106	0,00647	0,00906	1,398
0,260	0,0158	0,0213	1,345
0,538	0,0328	0,0426	1,298
1,070	0,0653	0,0828	1,267
2,65	0,162	0,203	1,258
5,24	0,319	0,407	1,276
	$Ca(CH_3COO)_2$		
0,0125	0,000809	0,00124	1,531
0,0250	0,00162	0,00242	1,494
0,0500	0,00324	0,00463	1,430
0,100	0,00647	0,00884	1,366
0,250	0,0158	0,0206	1,299
0,483	0,0306	0,0380	1,244
1,04	0,0655	0,0775	1,183
2,58	0,163	0,182	1,113
	$CdCl_2$		
3,03	0,165	0,129	0,78
13,87	0,756	0,484	0,64
	CdI_2		
4,54	0,124	0,068	0,54
14,31	0,391	0,212	0,54
22,53	0,615	0,328	0,53

Tiếp bảng I.206

1	2	3	4
	$CdSO_4$		
0,0168	0,000807	0,000641	0,794
0,0336	0,00161	0,00131	0,813
0,0673	0,00323	0,00245	0,762
0,135	0,00646	0,00454	0,702
0,329	0,0157	0,01008	0,639
0,678	0,0325	0,0191	0,587
1,36	0,0652	0,0350	0,537
3,37	0,162	0,0764	0,473
6,22	0,299	0,128	0,428
	$CoBr_2$		
1,809	0,0827	0,111	1,3
3,500	0,160	0,207	1,29
7,004	0,320	0,443	1,38
	$CoCl_2$		
0,80	0,0616	0,11	1,8
2,23	0,172	0,30	1,7
7,88	0,606	1,00	1,65
	$CoSO_4$		
4,446	0,287	0,110	0,38
9,596	0,619	0,262	0,42
20,60	1,328	0,568	0,428
32,84	2,117	0,055	0,498
	$CuCl_2$		
1,42	0,106	0,12	1,14
2,812	0,2091	0,258	1,23
5,652	0,4202	0,543	1,29
	$CuSO_4$		
0,0129	0,000809	0,000720	0,890
0,0258	0,00162	0,00131	0,809
0,0516	0,00323	0,00253	0,782
0,103	0,00647	0,00472	0,733
0,253	0,0158	0,01060	0,671
0,542	0,0338	0,0209	0,617
1,04	0,0649	0,0370	0,566
2,57	0,161	0,0814	0,505
4,85	0,304	0,140	0,460

1	2	3	4
	$FeSO_4$		
3,245	0,214	0,093	0,44
9,222	0,607	0,243	0,40
15,81	1,040	0,412	0,396
35,35	2,326	1,099	0,473
	$HgCl_2$		
4,80	0,177	0,080	0,45
9,68	0,357	0,162	0,45
19,71	0,726	0,317	0,437
41,00	1,510	0,568	0,376
53,394	1,930	0,689	0,357
	$Hg(CN)_2$		
4,46	0,177	0,084	0,47
9,03	1,357	0,188	0,52
18,43	0,730	0,374	0,512
33,46	1,324	0,685	0,517
49,86	1,962	0,999	0,509
	HIO_3		
3,39	0,193	0,116	0,60
5,51	0,313	0,190	0,61
10,74	0,611	0,385	0,63
29,95	1,703	0,772	0,453
	$H3BO_3$		
2,540	0,4096	0,214	0,523
4,980	0,8030	0,410	0,524
9,992	1,600	0,838	0,524
14,989	2,417	1,265	0,523
19,701	3,177	1,656	0,521
	KBr		
4,170	0,3504	0,326	0,93
8,319	0,6990	0,659	0,94
12,385	1,0406	0,995	0,956
16,364	1,3749	1,331	0,968

Tiếp bảng I.206.

1	2	3	4
KCl			
0,0745	0,0100	0,010	1,0
0,3728	0,0500	0,048	0,96
0,7455	0,1000	0,090	0,90
1,4911	0,2000	0,186	0,93
3,728	0,5000	0,459	0,92
6,188	0,830	0,772	0,93
14,911	2,000	1,894	0,947
18,414	2,470	2,226	0,901
29,821	4,000	4,063	1,016
37,277	5,000	5,215	1,043
44,732	6,000	6,408	1,068
52,187	7,000	7,624	1,089
58,151	7,800	8,622	1,106
KI			
6,958	0,4191	0,390	0,93
9,599	0,5782	0,549	0,95
14,459	0,8709	0,846	0,97
21,214	1,2778	1,273	0,996
29,24	1,682	1,812	1,08
47,61	2,868	3,159	1,10
104,80	6,313	8,02	1,27
$KClO_3$			
1,80	0,147	0,124	0,84
5,89	0,480	0,385	0,80
17,12	1,396	1,31	0,94
35,42	2,89	2,49	0,86
48,92	3,98	3,43	0,86
KIO_3			
2,82	0,132	0,112	0,85
6,52	0,304	0,255	0,84
12,24	0,572	0,448	0,78
22,67	1,059	0,791	0,747
KNO_3			
0,505	0,0499	0,051	1,0
1,010	0,0998	0,095	0,95
2,789	0,276	0,248	0,90
9,22	0,911	0,797	0,87
19,74	1,951	1,603	0,822
53,37	5,247	3,795	0,720
70,76	6,993	4,677	0,669

1	2	3	4
$K_2C_2O_4$			
0,0135	0,000809	0,00122	1,508
0,0269	0,00162	0,00243	1,500
0,0538	0,00324	0,00475	1,468
0,1076	0,00648	0,00916	1,414
0,263	0,0158	0,0216	1,367
0,538	0,0328	0,0435	1,325
1,09	0,0655	0,0840	1,283
2,71	0,163	0,200	1,226
5,40	0,325	0,386	1,189
K_2SO_4			
0,0141	0,000809	0,00123	1,512
0,0282	0,00162	0,00242	1,498
0,0564	0,00324	0,00467	1,441
0,113	0,00647	0,00915	1,414
0,276	0,0158	0,0214	1,350
0,606	0,0348	0,0446	1,282
1,14	0,0654	0,0808	1,237
2,85	0,164	0,191	1,164
5,70	0,327	0,363	1,111
$LiNO_3$			
13,99	2,025	1,516	0,749
23,29	3,371	2,918	0,866
31,91	4,62	4,428	0,958
45,03	6,52	8,496	1,303
$MgCl_2$			
3,371	0,3539	0,416	1,18
6,199	0,6508	0,850	1,31
13,87	1,456	2,380	1,695
22,06	2,315	4,720	1,947
$MgSO_4$			
2,733	0,227	0,097	0,43
7,236	0,601	0,281	0,47
43,47	3,610	1,455	0,403
72,28	6,002	3,630	0,605

Tiếp bảng I.206

1	2	3	4
	LiBr		
2,276	0,262	0,274	1,05
6,636	0,764	0,791	1,04
13,46	1,549	1,798	1,16
28,55	3,286	4,359	1,327
38,91	4,480	7,421	1,66
	LiCl		
0,575	0,135	0,130	0,96
1,098	0,258	0,245	0,95
4,460	1,050	1,063	1,01
7,46	1,76	1,971	1,12
	$LiNO_3$		
1,96	0,284	0,278	0,98
6,36	0,921	0,830	0,90
	$MnCl_2$		
1,31	0,104	0,12	1,1
3,69	0,293	0,39	1,3
12,89	1,024	1,43	1,4
	$MnSO_4$		
0,0122	0,000809	0,000683	0,845
0,0244	0,00162	0,00131	0,808
0,0488	0,00323	0,00241	0,746
0,0977	0,00647	0,00453	0,700
0,239	0,0158	0,01017	0,643
0,509	0,0337	0,0199	0,590
0,986	0,0653	0,0356	0,544
2,34	0,155	0,0756	0,487
4,63	0,306	0,135	0,439
	NaBr		
2,799	0,272	0,26	0,96
7,070	0,684	0,63	0,92
19,88	1,932	2,01	1,04
40,09	3,896	4,73	1,22
	NaCl		
22,33	0,382	0,34	0,89
51,97	0,889	0,79	0,89
85,11	1,456	1,38	0,88
121,0	2,070	2,04	0,99
257,4	4,404	5,16	1,17

1	2	3	4
	NaI		
88,16	0,588	0,55	0,94
151,45	1,01	1,01	1,00
296,4	1,977	2,125	1,08
359,55	2,398	2,73	1,14
581,0	3,875	5,15	1,33
	NaOH		
2,05	0,512	0,496	0,97
	$NaNO_3$		
0,3931	0,0462	0,044	0,95
0,7250	0,0852	0,080	0,94
3,785	0,445	0,398	0,90
7,343	0,863	0,771	0,89
	Na_2SO_4		
0,0115	0,000809	0,00123	1,519
0,0230	0,00162	0,00244	1,507
0,0460	0,00324	0,00473	1,458
0,0919	0,00647	0,00925	1,430
0,225	0,0158	0,0216	1,366
0,462	0,0325	0,0425	1,305
0,918	0,0646	0,0806	1,247
2,25	0,159	0,186	1,175
4,38	0,308	0,344	1,118
6,763	0,476	0,50	1,05
19,46	1,37	1,34	1,98
38,36	2,70	2,55	0,944
	$Na_2S_2O_3$		
0,0102	0,000809	0,00125	1,542
0,0203	0,00162	0,00240	1,484
0,0406	0,00324	0,00469	1,449
0,0813	0,00647	0,00913	1,411
0,250	0,0158	0,0216	1,368
0,514	0,0325	0,0435	1,336
1,03	0,0650	0,0835	1,299
2,55	0,161	0,202	1,255
5,02	0,317	0,387	1,220

Tiếp bảng I.206

1	2	3	4
	$NaCH_3COO$		
1,01	0,123	0,115	0,93
2,08	0,253	0,230	0,91
4,897	0,597	0,545	0,91
8,584	1,046	1,005	0,96
15,43	1,880	1,870	0,995
	NaSCN		
0,592	0,73	0,65	1,03
1,546	1,96	2,07	1,06
2,440	3,01	3,38	1,12
3,470	4,28	5,25	1,23
	NH_4Br		
4,380	0,4471	0,414	0,93
8,988	0,9175	0,854	0,93
13,574	1,3857	1,308	0,944
19,469	1,9874	1,889	0,950
	NH_4Cl		
0,754	0,141	0,128	0,91
2,200	0,412	0,363	0,88
4,415	0,825	0,760	0,92
2,55	2,345	2,171	0,93
17,86	3,338	3,344	1,00
23,36	4,385	4,880	1,11
34,35	6,420	8,449	1,31
	NH_4I		
6,744	0,4652	0,439	0,946
13,032	0,8990	0,847	0,942
22,150	1,5280	1,474	0,965
	$(NH_4)SO_4$		
0,317	0,024	0,039	1,6
1,11	0,084	0,103	1,2
2,88	0,218	0,236	1,08
5,68	0,430	0,398	0,93
28,7	2,17	2,132	0,98
45,8	3,47	4,576	1,319
55,1	4,17	6,258	1,501

1	2	3	4
	$NiCl_2$		
0,0105	0,000809	0,00126	1,541
0,0210	0,00162	0,00236	1,463
0,0419	0,00324	0,00466	1,440
0,0839	0,00647	0,00900	1,391
0,205	0,0158	0,0213	1,35
0,425	0,0328	0,0428	1,306
0,841	0,0649	0,0849	1,307
2,08	0,161	0,209	1,299
4,08	0,315	0,412	1,308
	$NiSO_4$		
0,0131	0,000849	0,000721	0,849
0,0263	0,00170	0,00140	0,827
0,525	0,00339	0,00258	0,760
0,105	0,00679	0,00492	0,725
0,260	0,0168	0,01110	0,662
0,537	0,0347	0,0211	0,609
1,07	0,0690	0,0385	0,558
2,64	0,170	0,0842	0,494
5,15	0,333	0,148	0,444
	$Pb(NO_3)_2$		
0,0268	0,000809	0,00128	1,580
0,0536	0,00162	0,00246	1,521
0,107	0,00324	0,00469	1,448
0,214	0,00647	0,00894	1,380
0,524	0,0158	0,0207	1,307
1,08	0,0327	0,0405	1,237
2,15	0,0650	0,0765	1,176
5,41	0,163	0,179	1,095
	RbCl		
0,4943	0,0409	0,039	1,0
1,1420	0,0945	0,089	0,94
2,502	0,2070	0,190	0,92
6,385	0,5283	0,478	0,91
11,383	0,9419	0,860	0,91

Tiếp bảng I.206

1	2	3	4
$Sr(NO_3)_2$			
0,908	0,0429	0,050	1,2
1,794	0,0848	0,098	1,2
8,764	0,4142	0,493	1,19
19,06	0,9005	1,094	1,22
$ZnSO_4$			
0,0130	0,000806	0,000702	0,870
0,0260	0,00161	0,00137	0,851
0,0521	0,00323	0,00248	0,788
0,104	0,00645	0,00478	0,741
0,255	0,0158	0,01059	0,672
0,525	0,0325	0,0201	0,616
1,03	0,0640	0,0364	0,569
2,59	0,160	0,0810	0,505
4,85	0,300	0,137	0,456
Axetamit CH_3CONH_2			
2,07	0,3506	0,176	0,50
4,55	0,7705	0,409	0,53
6,86	1,162	0,601	0,517
Axit limonic $C_6H_8O_7$			
8,86	0,452	0,256	0,57
17,84	0,915	0,525	0,57
37,00	1,887	1,135	0,601
Axit oxalic $(COOH)_2$			
4,70	0,522	0,336	0,64
9,67	1,074	0,660	0,614
Ure $CO(NH_2)_2$			
0,926	0,154	0,077	0,50

1	2	3	4
Axit xuxinic $(COOHCH_2)_2$			
4,49	0,381	0,184	0,48
7,59	0,643	0,0322	0,50
Đường glucoza $C_6H_{12}O_6$			
4,14	0,230	0,122	0,53
9,20	0,511	0,271	0,53
19,41	1,078	0,613	0,569
Đường mía $C_{12}H_{22}O_{11}$			
0,0555	0,00162	0,000842	0,519
0,111	0,00324	0,00169	0,520
0,222	0,0649	0,00335	0,516
0,444	0,01298	0,00674	0,520
1,09	0,0318	0,0165	0,519
2,25	0,0658	0,0335	0,509
4,50	0,132	0,0676	0,513
11,18	0,327	0,174	0,531
Đường quả $C_6H_{12}O_6$			
10,16	0,564	0,294	0,52
16,12	0,895	0,488	0,55
27,52	1,528	0,807	0,528
Hidroquinon $C_6H_4(OH)_2$			
4,266	0,387	0,181	0,47
8,833	0,803	0,351	0,437
15,460	1,405	0,582	0,414
26,740	2,430	0,909	0,374
Rezoxin $C_6H_4(OH)_2$			
0,00891	0,000810	0,000412	0,509
0,0178	0,00162	0,000872	0,539
0,0356	0,00324	0,00162	0,521
0,0713	0,00648	0,00341	0,526
0,143	0,0130	0,00677	0,523
0,387	0,0351	0,0184	0,524
0,693	0,0630	0,0328	0,520
1,34	0,122	0,0625	0,514
3,61	0,328	0,159	0,484

Bảng 1.207. **Nhiệt độ sôi hay thăng hoa của các hợp chất hữu cơ khi áp suất hơi bằng và lớn hơn 1 at [37.677]**

Công thức	Tên chất	Nhiệt độ sôi hay thăng hoa (°C) khi áp suất hơi bão hòa bằng						Nhiệt độ tới hạn, °C	Áp suất tới hạn, at
		1 at	2 at	5 at	10 at	20 at	5 at		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_1									
$COCl_2$	Fotgen	7,9	27,3	57,2	84,6	119,0	174,0	182	56
$CFCl_3$	Flotriclometan (freon-11)	23,7	44,1	77,3	108,2	146,7	–	198,0	43,2
CF_2Cl_2	Điflođiclometan (freon-12)	–29,8	–12,2	16,1	42,4	74,0	–	111,5	39,6
CF_3Cl	Triflocloometan (freon-13)	–81,2	–66,7	–42,7	–18,5	12,0	–	28,8	39
CCl_4	Cacbon tetraclorua	76,5	102,0	141,7	178,0	222,0	–	283,2	45,0
$CHFCl_2$	Flo điclometan (freon-21)	8,9	28,4	59,0	87,0	121,2	177,5	178,5	51,0
CHF_2Cl	Điflocloometan (freon-22)	–40,8	–24,7	0,3	24,0	52,0	–	96,4	48,5
$CHCl_3$	Clorofom	61,7	–	120,0	152,3	191,8	–	–	–
CH_3F	Metyl florua	–78,3	–64,5	–42,0	–21,0	2,6	36,0	44,6	58,0
CH_3Cl	Metyl clorua	–24,2	–6,4	22,0	47,3	77,3	126,0	143,1	65,9
CH_3Br	Metyl bromua	3,6	23,3	54,8	84,0	121,7	190,0	191	–
CH_3I	Metyl iođua	42,4	65,5	101,8	138,0	176,5	248,1	255	–
CH_4	Metan	–161,6	–153,0	–137,5	–123,6	–107,0	–	–82,1	45,8
CH_4O	Rượu metylic (metanol)	64,7	83,7	111,7	137,3	166,5	212	240	78,5
CH_4S	Metylmecaptan (metantiol)	6,8	26,1	55,9	83,4	117,5	172,0	196,8	71,4
CH_5N	Metylamin	–6,3	10,1	36,0	59,5	87,8	133,7	156,9	73,6
C_2									
$(CN)_2$	Đixianogen	–21,2	–4,4	21,4	44,6	72,6	118,2	127	59 40
C_2F_3Cl	Triflocloetilen	–27,9	–11,1	15,5	40,0	71,1	–	106	33,7
$C_2F_3Cl_3$	1,2, 2-Triflo-1, 1, 2-tricloetan	47,6	70,0	105,5	138,0	177,7	–	214,1	
	(freon-113)								–
C_2F_4	Etilen tetraflorua	–76,5	–	–39,6	–19,2	4,9	–	–	–
$C_2F_4Cl_2$	1,1,1,2-Tetraflo,	3,0	–	54,5	83,1	117,2	–	–	
	2,2-đicloetan								32,3 –
$C_2F_4Cl_2$	1,1,2,2-Tetraflo 1,2-đicloetan	3,5	22,8	54,0	82,3	117,5	–	145,7	61,6 –
C_2HF_2Cl	1,1-Điflo 2-cloetilen	–58,6	–	–15,7	9,4	39,9	104,5	–	57,9.
C_2H_2	Axetilen	–83,6	–72,2	–51,2	–32,3	–10,0	26,3 –	36	54,5 –
$C_2H_2F_2$	1,1-Điflоetilen	–85,7	–	–49,4	–28,9	–4,4	260,5	–	– 50,5
$C_2H_2Cl_2$	*cis*-1,2-Đicloetilen	60,8	93	119,5	152,5	193,4	236,5	271,0	–
$C_2H_2Cl_2$	*trans*-1,2-Đicloetilen	47,9	69,8	104,0	135,7	173,7	–	243,3	
$C_2H_3F_2Cl$	1,2-Điflo-1-cloetan	–	–	38,7	65,5	97,4	–	–	
$C_2H_3F_3$	1,1,1-Trifloetan	–47,5	–	–6,2	16,8	44,1	8,9	–	
C_2H_4	Etilen	–103,7	–91,0	–70,5	–51,4	–28,4	–	9,9	
C_2H_4O	Etilen oxit	10,4	–	57,7	83,6	114,0		–	

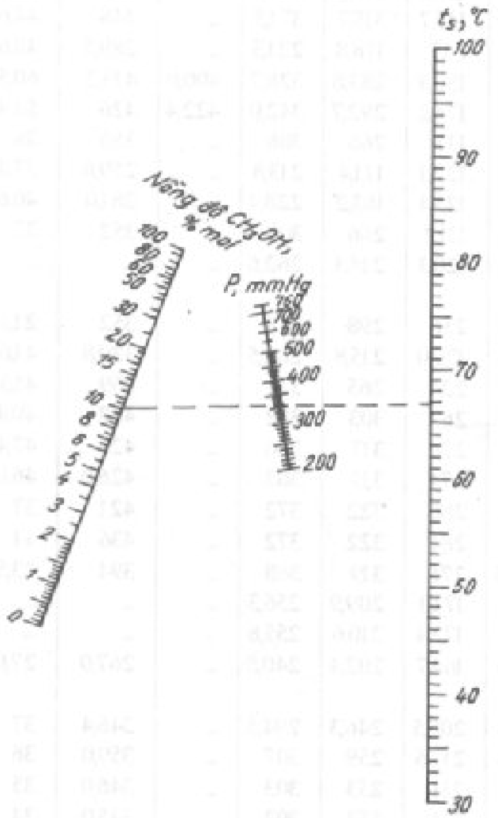
Tiếp bảng I.207

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_2H_4O_2$	Axit axetic	117,9	143,5	180,3	214,0	252,0	312,5	321,6	57,1
$C_2H_4O_2$	Ete metyl fomiat (metyl- fomiat)	32,0	51,9	83,5	112,0	147,2	213,0	241,0	59,2
$C_2H_4F_2$	Etiliden florua (1,1 - difloetan)	−26,5	–	19,5	44,0	72,9	–	–	–
$C_2H_4Cl_2$	Etiliden clorua (1,1- dicloetan)	57,4	80,2	117,3	150,3	192,7	250	250	50
$C_2H_4Cl_2$	Etilen clorua (1,2- dicloetan)	83,5	108,1	147,8	183,5	226,5	285,0	288	53
$C_2H_4Br_2$	Etilen bromua (1,2- dibrometan)	131,4	157,7	200,0	237,0	269,0	300,0	309,8	70,6
C_2H_5F	Etyl florua	−32,0	−16,7	7,7	30,2	57,5	–	102,2	46,0
C_2H_5Cl	Etyl clorua	12,3	32,5	64,0	92,6	127,3	180,5	187,2	52
C_2H_5Br	Etyl bromua	38,4	60,2	95,0	126,8	164,3	220,0	230,7	61,5
C_2H_6	Etan	−88,6	−75,5	−52,1	−31,0	−6,6	–	32,3	48,2
C_2H_6O	Rượu etylic (etanol)	78,4	97,5	126,0	151,8	183,0	230,0	243	63,0
C_2H_6O	Ete đimetyl	−23,7	−6,4	20,8	45,5	75,7	125,2	126,9	53
C_2H_6S	Etylmecaptan (etantiol)	35,0	56,6	90,7	121,9	159,5	220,0	226	54,2
C_2H_6S	Đimetyl sunfua	36,0	57,8	92,3	124,5	163,8	224,5	229,9	54,6
C_2H_6Hg	Đimetyl thủy ngân	21,9	–	88,9	128,1	–	–	–	–
C_2H_7N	Etylamin	16,6	35,7	65,3	91,8	124,0	176,0	183	55,5
C_2H_7N	Đimetylamin	7,4	25,0	53,9	80,0	111,7	162,6	164,5	52,4
C_3									
C_3H_4	Alen (propađien)	−34,3	−18,4	8,0	33,2	64,5	118,0	120,7	51,8
C_3H_4	Alilen (metylaxetilen propin)	−23,0	−7,1	19,5	43,8	74,0	125,0	128	52,8
C_3H_6	Propilen (propen)	−47,7	−31,3	−4,7	20,1	49,4	–	91,8	45,6
C_3H_6O	Axeton	56,5	78,6	113,0	144,5	181,0	–	235,5	46,6
$C_3H_6O_2$	Axit propinic	141,1	–	186,0	203,5	220,0	–	–	–
$C_3H_6O_2$	Ete etylfomiat (etylfomiat)	54,3	76,0	110,5	142,2	180,0	–	135,3	46,8
$C_3H_6O_2$	Ete metylaxetat	57,8	79,5	113,1	144,2	181,0	–	233,7	46,3
C_3H_8	Propan	−42,1	-26,1	2,5	28,0	57,9	–	96,8	42,0
C_3H_8O	Rượu propylic	97,8	117,0	149,0	177,0	210,8	–	264	50,2
C_3H_8O	Rượu izopropylic	82,5	101,3	130,2	155,7	186,0	232,0	235,6	53
C_3H_8O	Ete metyletyl	7,5	26,5	56,4	84,0	108,0	–	164,7	43,4
C_3H_9N	Propylamin	48,5	70	103	134	170	–	223,8	46,8
C_3H_9N	Trimetylamin	2,9	–	54,2	83,5	118,4	–	–	–
C_4									
C_4H_5N	Pirol	130	156	195	232	275	342	352	56
C_4H_6	Butađien-1,3 (đivinyl)	−4,4	14,5	44,7	73,0	114,0	–	152	42,7
$C_4H_6O_3$	Anhiđrit axetic	138,6	162,0	194,0	221,5	253,0	–	296	46,2
$C_4H_6O_4$	Ete đimetyloxalat	163,5	189,6	228,7	–	–	–	260	9,5
C_4H_8	Buten-1	−6,3	–	43,5	71,8	105,5	–	–	–
C_4H_8	*cis*-Buten-2	3,7	23,4	54,9	84,3	–	–	146	40

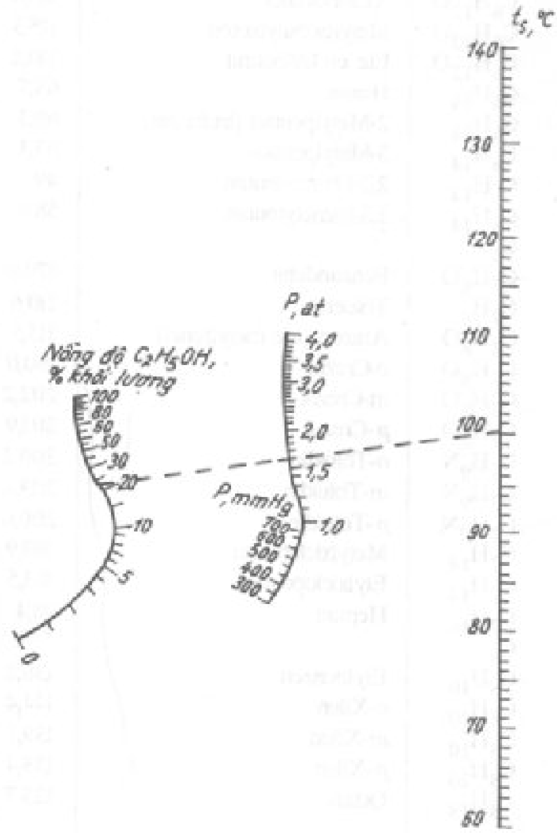
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_4H_8	*trans*-Buten-2	0,9	–	52,0	80,5	114,5	–	–	–
C_4H_8	Izobutilen	–7,0	12,5	43,2	71,1	105,2	–	144,7	39,5
C_4H_8O	Metyletylxeton (butanon)	79,6	–	139,5	173,3	213,0	–	–	–
$C_4H_8O_2$	1,4-Đioxan	101,1	125	164	200	242	308	312	50,7
$C_4H_8O_2$	Axit butiric	163,5	188,3	225,0	257,0	295,0	352,0	355	52
$C_4H_8O_2$	Ete propylfomiat	81,3	104,3	142,0	176,4	217,5	–	264,9	40,1
$C_4H_8O_2$	Ete etylaxetat	77,1	100,6	136,6	169,7	209,5	–	250,1	37,8
$C_4H_8O_2$	Ete metylpropionat	79,8	103,0	139,8	172,6	212,5	–	257,4	39,3
C_4H_{10}	Butan	–0,5	18,1	51,2	80,7	115,3	–	152,0	37,5
C_4H_{10}	Izobutan	–11,7	7,5	39,0	69,3	108,7	–	134,9	36,0
$C_4H_{10}O$	Rượu butylic	117,7	139,8	172,5	203,0	237,0	–	287,0	48,6
$C_4H_{10}O$	Rượu butylic bậc hai	99,5	118,2	147,5	172,0	204,0	–	265	–
$C_4H_{10}O$	Rượu butylic bậc ba	82,9	102,0	130,0	154,2	184,5	–	235	48
$C_4H_{10}O$	Rượu izobutylic	108,0	127,3	156,2	182,0	212,5	–	265	–
$C_4H_{10}O$	Ete dietyl	34,6	55,5	89,0	119,8	156,4	–	194	35,6
$C_4H_{10}S$	Đietyl sunfua	88,0	112,0	153,8	190,2	234,0	–	284	39,1
$C_4H_{11}N$	Butylamin	70	100	136	167,5	205,5	–	251	41
$C_4H_{11}N$	Đietylamin	55,5	77,8	113,0	145,3	184,5	–	223	36,6
$C_4H_{12}Si$	Tetrametylsilan	27,0	48	82,0	113,0	152,0	–	185	33
C_5									
C_5H_{10}	Penten-1 (amilen)	30,0	–	86,0	118,0	156,1	–	–	–
C_5H_{10}	2-Metylbuten-1	31,2	–	88,1	119,9	157,8	–	–	–
C_5H_{10}	Xiclopentan	49,3	72,1	109,3	142,6	182,2	–	238,6	44,6
$C_5H_{10}O$	Metylpropylxeton	103,3	–	165,0	200,9	243,3	–	–	–
$C_5H_{10}O$	Metylizopropylxeton	88,9	–	153,4	189,6	232,7	–	–	–
$C_5H_{10}O$	Đietylxeton	102,7	–	164,7	200,8	243,4	–	–	–
$C_5H_{10}O_2$	Ete izobutylfomiat	98,2	121,8	157,8	192,4	234,0	–	278,2	38,3
$C_5H_{10}O_2$	Ete propylaxetat	101,8	126,8	165,7	200,5	242,8	–	276,2	32,9
$C_5H_{10}O_2$	Ete etylpropionat	99,1	123,8	162,7	197,8	240,0	–	272,9	33,0
$C_5H_{10}O_2$	Ete metylbutirat	102,3	127,5	166,7	203,0	244,5	–	281,3	34,3
$C_5H_{10}O_2$	Ete metylizobultirat	92,6	116,7	155,2	190,2	232,0	–	267,6	33,9
C_5H_{12}	Pentan	36,1	56,7	93,4	124,7	164,3	–	196,6	33,3
C_5H_{12}	Izopentan (2-metylbutan)	27,8	49,8	84,7	114,5	154,0	–	187,8	32,9
C_5H_{12}	Neopentan (2,2-dimetylpropan)	9,5	29,5	61,1	90,7	127,6	–	160,6	31,6
$C_5H_{12}O$	Ete etylpropyl	61,7	85,3	123,1	156,2	197,2	–	227,4	32,1
C_6									
C_6H_5F	Fenyl florua	85,2	109,9	148,5	203,0	244,5	–	281,3	34,3
C_6H_5Cl	Fenyl clorua	131,7	160,2	205,0	190,2	232,0	–	267,6	33,9
C_6H_5Br	Fenyl bromua	156,1	186,2	232,5	124,7	164,3	–	196,6	33,3
C_6H_5I	Fenyl iođua	188,3	220,0	270,0	114,5	154,0	–	187,8	32,9
C_6H_6	Benzen	80,1	104,4	143,3	90,7	127,6	–	160,6	31,6
C_6H_6O	Fenol	181,8	208,0	248,2	156,2	197,2	–	227,4	32,1
C_6H_7N	Anilin	184,0	212,8	254,8	184,4	227,6	–	286,6	44,6
$C_6H_{10}O$	Xiclohexanon	155,6	185	229	245,3	292,8	–	359,2	44,6

Tiếp bảng I.207

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_6H_{12}	Metylxiclopentan	71,8	96,2	135,2	274,5	327,0	–	397	44,6
C_6H_{12}	Xiclohexan	80,7	105,7	145,7	315,7	371,5	–	448	44,6
$C_6H_{12}O$	Xiclohexanol	161,0	188	230	178,8	221,5	–	289,5	48,6
$C_6H_{12}O$	Metylizobutylxeton	115,5	–	180,8	283,8	328,7	400,0	419,2	60,5
$C_6H_{12}O_2$	Ete etylizobutirat	110,1	135,5	174,2	292,7	342,0	422,4	426	52,4
C_6H_{14}	Hexan	68,7	92,6	131	265	308	–	356	38
C_6H_{14}	2-Metylpentan (izohexan)	60,3	83,9	122,1	171,4	213,8	–	259,6	37,4
C_6H_{14}	3-Metylpentan	63,3	87,1	125,4	183,2	228,4	–	281,0	40,6
C_6H_{14}	2,2-Đimetylbutan	49,7	73,2	111,2	266	308	–	352	37
C_6H_{14}	2,3-Đimetylbutan	58,0	81,8	120,3	218,3	262,6	–	–	–
C_7									
C_7H_6O	Benzanđehit	179,0	212	256	298	348	–	352	21,5
C_7H_8	Toluen	110,6	137,0	179,0	215,8	262,5	–	320,8	41,6
C_7H_8O	Anizon (ete metylfenyl)	115,5	184	224	265	312	–	369	41,3
C_7H_8O	o-Crezol	190,0	220	263	303	352	–	422	49,4
C_7H_8O	m-Crezol	202,2	232	276	317	366	–	426	47,4
C_7H_8O	*p*-Crezol	201,9	230	274	315	362	–	426,0	46,0
C_7H_9N	*o*-Toluiđin	200,2	232	280	322	372	–	421	37
C_7H_9N	*m*-Toluiđin	203,4	233	281	322	372	–	436	41
C_7H_9N	*p*-Toluiđin	200,6	229,5	276	319	368	–	394	23,5
C_7H_{14}	Metylxiclohexan	100,9	–	171,0	209,9	256,3	–	–	–
C_7H_{14}	Etylxiclopentan	103,5	–	172,4	210,6	255,8	–	–	–
C_7H_{16}	Heptan	98,4	122,3	164,7	202,4	240,8	–	267,0	27,0
C_8									
C_8H_{10}	Etylbenzen	136,2	164,0	208,5	246,3	294,5	–	346,4	37
C_8H_{10}	*o*-Xilen	144,4	172,6	217,6	259	307	–	359,0	36
C_8H_{10}	*m*-Xilen	139,1	167	211	253	303	–	346,0	35
C_8H_{10}	*p*-Xilen	138,4	166	211	253	303	–	345,0	34
C_8H_{18}	Octan	125,7	150,9	195,6	235,3	281,5	–	296,7	24,6
C_9									
C_9H_7N	Quinolin	237,7	270	322	369	424	–	(527)	(57)
C_9H_{12}	Cumol (izopropylbenzen)	152,4	187	232	275	326	–	362,7	32
C_9H_{12}	Giả cumol (1,2,4-trimetylbenzen)	169,3	199	246	302	–	–	381,2	33
C_9H_{20}	Nonan	150,8	177,2	244,0	265,5	313,6	–	–	–
C_{10}									
$C_{10}H_{18}$	*cis*-Decalin (cisdecahiđronaftalen)	195,7	227	275	319	370	–	404	24,6
$C_{10}H_{22}$	Đecan	174,1	204,3	250,2	293,3	343,3	–	–	–
C_{11}									
$C_{11}H_{24}$	Unđecan	195,9	224,3	274,7	319,1	–	–	–	–
C_{12}									
$C_{12}H_{10}$	Đifenyl	255,5	292	345	398	454	–	496	30,8
$C_{12}H_{10}O$	Ete đifenyl	258,5	299	354	407	–	–	(515)	(31)
$C_{12}H_{11}N$	Đifenylamin	302,0	339	397	445	499	–	(658)	(83)
$C_{12}H_{18}$	p-Điizopropylbenzen	210,4	241	287	328	374	449	(521)	96,5
$C_{12}H_{26}$	Đođecan	216,3	247,7	300,0	345,8	–	–	386	17,9
C_{13}									
$C_{13}H_{12}$	Đifenylmetan	264,3	298	353	401	460	–	(572,5)	(59)



Hình I.61 **Toán đồ xác định nhiệt độ sôi của dung dịch rượu metylic nước [49.74]**



Hình I.62. **Toán đồ để xác định nhiệt độ sôi của dung dịch rượu etylic-nước [49.77]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nồng độ rượu metylic và của áp suất, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt độ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị nhiệt độ sôi cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nồng độ rượu etylic và của áp suất kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt độ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị nhiệt độ sôi cần tìm.

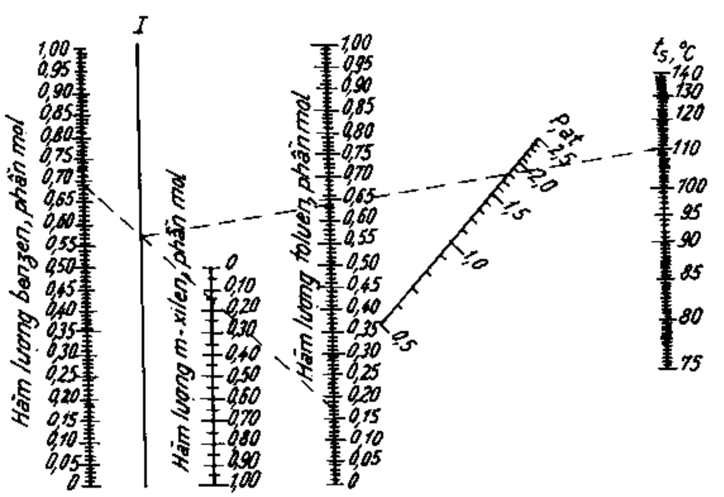
Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Bảng I.208. **Nhiệt độ sôi của hỗn hợp rượu etylic với nước [29.351]**

t_s, °C	% rượu theo khối lượng		t_s, °C	% rượu theo khối lượng		t_s, °C	% rượu theo khối lượng	
	chất lỏng	hơi		chất lỏng	hơi		chất lỏng	hơi
78,2	91	92	79,8	69	84	82,0	41	79
78,4	85	89	80,0	67	83,5	83,5	30	77
78,6	82	88	80,2	64	83	86,0	20	72
78,8	80	87	80,4	62	82	88,0	15	68
79,0	78	86	80,8	56	81	90,0	10	61
79,2	76	85	81,2	50	80	94,0	5	44
79,4	74	84	81,6	45	80	100,0	0	0
79,6	72	82						

Bảng I.209. **Nhiệt độ sôi của dung dịch axit axetic-nước [29.352]**

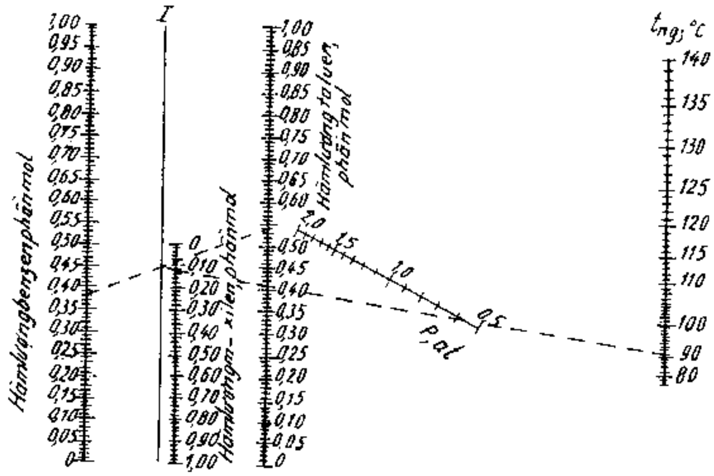
% CH_3COOH	t_s, °C	% CH_3COOH	t_s, °C	% CH_3COOH	t_s, °C
100	118,1	65	102,8	33	00,9
95	112,0	62,5	102,5	30	100,8
90	108,5	60	102,3	25	100,6
85	106,3	55	101,9	20	100,5
80	105,0	50	101,5	15	100,4
75	104,0	45	101,3	5	100,1
70	103,4	40	101,0		



Hình I.63. **Toán đồ để xác định nhiệt độ bắt đầu sôi của hỗn hợp benzen - toluen - xilen [49.57]**

Cách dùng. Qua các điểm ứng với thành phần hỗn hợp đã cho, kẻ một đường thẳng, đường này cắt đường phụ trợ I tại một điểm. Qua điểm vừa nhận được và điểm ứng với giá trị đã cho của áp suất kẻ một đường thẳng thứ hai và kéo dài đến thang nhiệt độ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của nhiệt độ sôi cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



Hình I.64. **Toán đồ để xác định nhiệt độ bắt đầu ngưng tụ (điểm sương) của hỗn hợp benzen-toluen-xilen [49.58]**

Cách dùng. Qua các điểm ứng với thành phần của hỗn hợp đã cho kẻ một đường thẳng, đường này cắt đường phụ trợ I tại một điểm. Qua điểm vừa nhận được và điểm ứng với giá trị đã cho của áp suất kẻ một đường thẳng thứ hai và kéo dài đến thang nhiệt độ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của nhiệt độ sôi cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Bảng I.210. **Nhiệt độ sôi của các hỗn hợp đẳng phí [29.350]**

Trong bảng dưới đây các giá trị có đánh dấu * là nhiệt độ sôi cực đại của hỗn hợp gồm chất cho trong bảng và nước, còn các giá trị khác không đánh dấu là nhiệt độ sôi cực tiểu của các hỗn hợp. Nồng độ các cấu tử trong hỗn hợp tính bằng % khối lượng

Hỗn hợp với nước

Chất tạo với nước thành hỗn hợp đẳng phí		Nhiệt độ sôi của hỗn hợp, °C	% nước trong hỗn hợp
Tên chất	t_s, °C		
Axit nitric HNO_3	86	120,5*	31,6
Clorofom	61,2	56,1	2,5
1,2 - Đicloetan	83,7	72	19,5
Ete etyl	34,5	34,15	1,3
Etylaxetat	77,5	70,4	8,2
Hiđro bromua HBr	−67	126*	52,5
Hiđro clorua HCl	−85	110*	79,7
		20,7	61,35
Hiđro florua HF	19,5	120*	63
Hiđro iođua HI	−35,4	127,0*	43
Rượu izoamylic	132	95,15	49,6
Rượu *n* - amylic	137,8	95,95	54
Rượu izobutylic	108,4	89,92	33,2
Rượu *n* - butylic	117,7	92,4	38
Rượu etylic	78,3	78,15	4,43
Rượu izopropylic	82,4	80,38	12,1
Rượu *n* - propylic	97,2	87,72	28,31
Toluen	110,6	84,1	19,6

Tiếp bảng I.210

Hỗn hợp các chất hữu cơ

Cấu tử		Nhiệt độ sôi t_s, °C			% A trong hỗn hợp
A	B	A	B	Hỗn hợp	
Rượu etylic	Benzen	78,3	80,2	68,2	32,4
	Cacbon disunfua	78,3	46,3	42,4	9
	Cacbon tetraclorua	78,3	76,8	65	15,9
	Clorofom	78,3	61,2	59,3	7
	Etylaxetat	78,3	77,15	71,8	30,8
	Toluen	78,3	110,6	76,7	68
Rượu metylic	Benzen	64,7	80,2	58,3	39,6
	Cacbon disunfua	64,7	46,3	37,7	14
	Cacbon tetraclorua	64,7	76,8	55,7	20,6
	Clorofom	64,7	61,2	53,5	12,5
	Etylaxetat	64,7	77,15	62,3	44
	Metylaxetat	64,7	57	54	19

Chú thích: dưới đây là một vài hỗn hợp đẳng phí ba cấu tử có giá trị lớn trong thực tế

Cấu tử			Nhiệt độ sôi của hỗn hợp t_s, °C	% trong hỗn hợp		
A	B	C		A	B	C
Nước	Rượu etylic	Benzen	64,86	7,4	18,5	74,1
		Cacbon tetraclorua	61,8	3,4	10,3	86,3
		1,2-Dicloetan	66,7	5,0	17,0	78,0

Bảng I.211. **Nhiệt hóa hơi của một số chất lỏng ở áp suất khí quyển p = 760 mm Hg [3.149]**

Chuyển đổi đơn vị: 1 kcal/kg = 4,1868.10^3 J/kg

Chất lỏng	r_{hh}, kcal/kg	Chất lỏng	r_{hh}, kcal/kg
1	2	3	4
Amoniac	327,0	*m*- Crezol	100,6
Andehit axetic	66,1	Ete etyl	86,0
Anilin	109,6	Etilen clorit	77,3
Axetol	66,2	Etylaxetat	88,0
Axeton	125,0	Etyl bromua	59,9
Axit axetic	96,75	Etyl iodua	47,6
Axit clohiđric	106,0	Fenon	122,0
Axit fomic	118,8	Fenyl bromua	57,9
Axit izobutiric	114,0	Furfurol	107,5
Axit nitric	115,0	Glicol	199,9
Axit sunfuric	122,1	*p*- Heptan	76,3
Benzandehit	86,6	*p*- Hexan	79,3
Benzen	94,5	Metylanilin	95,5

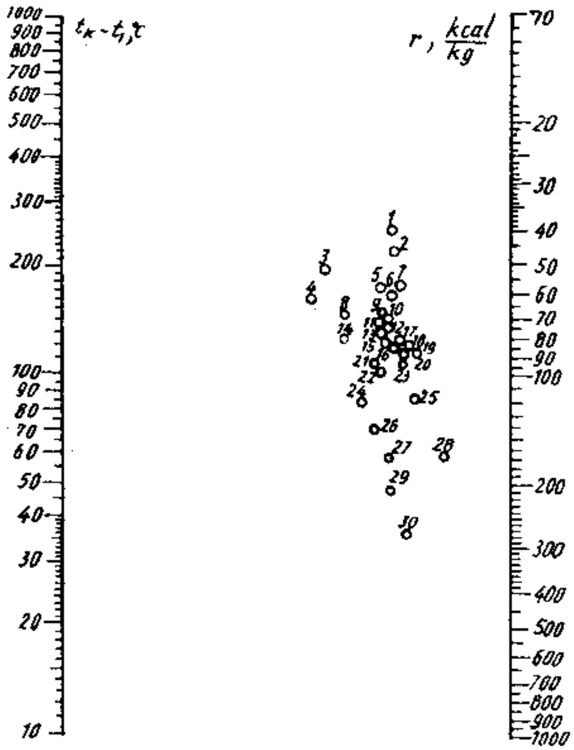
Tiếp bảng I.211

1	2	3	4
Brom	48,0	Metyl clorua	96,9
Butylaxetat	73,8	Metyletylketon	103,5
Cacbon đisunfua	84,1	Metyl iodua	46,0
Cacbon tetraclorua	46,4	Metyl xiclohexan	76,9
Clobenzen	75,9	Nitơ	47,6
Clorofom	59,0	Nitrobenzen	79,2
Nước	540,0	Rượu etylic	206,4
p- Octan	70,95	Rượu izoamylic	125,1
Oxi	51,0	Rượu metylic	262,8
p- Pentan	85,0	Rượu *p*- propylic	162,6
Propan	107,0	Toluen	86,8
Rượu benzylic	98,5	Toluiđin	95,1
Rượu *p*- butylic	141,3	Tricloetilen	57,24
Rượu (izo) butylic	138,1	*o*- Xilen	82,6

Bảng I.212. **Nhiệt hóa hơi của một số chất lỏng phụ thuộc vào nhiệt độ (r_{hh}, kcal/kg) [3.150]**

Chuyển đổi đơn vị : 1 kcal/kg = $4{,}1868.10^3$ J/kg

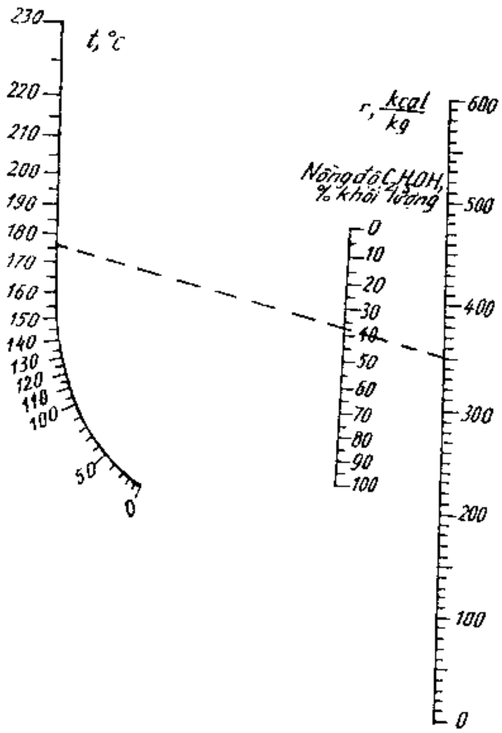
Chất lỏng	Nhiệt độ sôi ở p khí quyển t_s, °C	Nhiệt độ, °C				
		0	20	60	100	140
Amoniac	−33	302	284	–	–	–
Anilin	184	–	–	–	–	104 (ở 184°C)
Axeton	56,5	135	132	124	113	–
Axit axetic	118	–	–	–	97 (ở 118°C)	94,4
Benzen	80	107	104	97,5	90,5	82,6
Cacbon đisunfua	46	89,4	87,6	82,2	75,5	67,4
Cacbon oxit	−78	56,1	37,1	–	–	–
Cacbon tetraclorua	77	52,1	51	48,2	44,3	40,1
Clo	−34	63,6	60,4	53	42,2	17
Clobenzen	122	89,7	88,2	84,6	80,7	76,5
Clorofom	61	64,8	62,8	59,1	55,2	–
Ete etyl	34,5	92,5	87,5	77,9	67,4	54,5
Etylaxetat	77	102	98,2	92,1	84,9	75,7
Freon-12	−30	37	34,6	31,6	–	–
Nitrobenzen	211	–	–	–	–	79,2 (ở 211°C)
Nước	100	595	584	579	539	513
Rượu butylic	117	168	164	156	146	134
Rượu etylic	78	220	218	210	194	170
Rượu izopropylic	82,5	185	179	167	152	133
Rượu metylic	65	286	280	265	242	213
Rượu propylic	98	194	189	178	163	142
Toluen	100	99	97,3	92,8	88	82,1



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với số ký hiệu của vật liệu (xem bảng dưới đây) và hiệu số nhiệt độ rới hạn t_k và nhiệt độ sôi t_1 kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt hóa hơi r. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của r phải tìm.

Hình 1.65. **Toán đồ để xác định nhiệt hóa hơi của một số chất lỏng [30.85]**

Tên chất lỏng	Điểm	Giới hạn hiệu số $t_k - t_1$, °C	Nhiệt độ tới hạn t_k, °C	Tên chất lỏng	Điểm	Giới hạn hiệu số $t_k - t_1$, °C	Nhiệt độ tới hạn t_k, °C
Amioniac	29	50–200	133	Freon-11	2	70–250	198
Axeton	22	120–210	235	Freon-12	2	40–200	111
Axit axetic	18	100–225	321	Freon-21	5	70–250	178
Benzen	13	10–400	289	Freon-22	6	50–170	96
Butan	16	90–200	153	Freon-113	1	90–250	214
Cacbon đioxit	21	10–100	31	Heptan	10	20–300	267
Cacbon đisunfua	4	140–275	273	Hexan	11	50–225	235
Cacbon tetraclorua	2	30–250	283	Izobutan	15	80–200	134
Cloetan	17	100–250	187	Lưu huỳnh đioxit	14	90–160	157
Clometan	20	70–250	143	Nước	30	100–500	374
Clorofom	7	140–275	263	Octan	9	30–300	296
Điclometan	8	150–250	216	Pentan	12	20–200	197
Đifenyl	3	175–400	527	Propan	23	40–200	96
Đinitơ oxit N_2O	19	25–150	36	Rượu etylic	28	140–300	243
Etan	25	25–150	32	Rượu etylic	26	20–140	243
Ete etyl	13	10–400	194	Rượu metylic	27	40–250	420
				Rượu propylic	24	20–300	264



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và nồng độ rượu, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang nhiệt hóa hơi *r*. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của *r* phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình 1.66 **Toán đồ để xác định nhiệt hóa hơi của dung dịch rượu etylic-nước [49.206]**

Bảng I.213. **Nhiệt độ hóa hơi của một số chất lỏng thông thường phụ thuộc vào nhiệt độ (trong phạm vi nhiệt độ thay đổi rộng) [21.364]**

Nhiệt độ *t*, °C	r_{hh}, kcal/kg	Nhiệt độ *t*, °C	r_{hh}, kcal/kg	Nhiệt độ *t*, °C	r_{hh}, kcal/kg
1	2	3	4	5	6
Amoniac		Axit axetic		Axit cacbonic	
−50	338,57	50	88,4	−50	80,6
−40	331,98	60	89,6	−40	76,5
−30	325,03	70	90,6	−30	72,5
−20	317,72	80	91,6	−20	68,0
−10	309,96	90	92,4	−10	62,5
0	301,72	100	93,1	0	56,5
10	292,96	110	93,4	10	48,0
20	283,63	120	93,2	20	37,0
30	273,68	130	92,7	30	15,0
40	263,00	140	91,8	31,1	0,0
50	251,42	150	90,9	Benzen	
60	238,5	160	89,9	80	95,5
70	224,5	170	88,8	90	93,5
80	208	180	87,7	100	91,5
90	190	190	86,5	110	89,5
100	169	200	85,2	120	87,5
110	144	210	83,7	130	85,5
120	113	220	82,1	140	83,5
130	56	230	80,3	150	81,5
132,4	0,0	240	78,2	160	79,6
Axit axetic		250	75,7	170	77,0
20	84,1	260	72,5	180	74,5
30	85,7	270	68,8	190	72,0
40	87,2	280	63,5		

Tiếp bảng I.2.13

1	2	3	4	5	6
Benzen		Rượu etylic		Rượu metylic	
200	69,0	0	222	140	216,0
210	66,0	10	221	150	207,0
220	62,5	20	220	160	198,0
230	58,5	30	219	170	188,0
240	54,5	40	218	180	177,0
250	49,5	50	216	190	165,0
260	44,0	60	214	200	152,0
270	37,0	70	211	210	135,0
280	27,5	80	207	220	113,0
288,6	0,0	90	202	230	84,0
Cacbon tetraclorua		100	197	240	0,0
80	46	110	191	Rượu propylic	
90	45,1	120	185	70	177
100	44,15	130	178	80	173
110	43,15	140	171	90	163
120	42,08	150	164	100	164
130	41,05	160	156	110	159
140	39,92	170	148	120	154
150	38,9	Rượu metylic		130	148
160	37,95	0	289	140	142
170	36,6	10	287	150	136
180	35,5	20	284,5	160	130
190	34,1	30	281,5	170	123
200	32,61	40	278,0	180	116
210	31,1	50	274,0	190	109
220	29,45	60	270,0	200	102
230	27,6	70	265,0	210	94
240	25,56	80	259,0	220	85
250	23,08	90	253,0	230	75
260	20,07	100	246,0	240	63
270	16,00	110	239,0	250	50
280	10,43	120	232,0	260	33
283,15	0	130	224,5	264	0

Bảng I.214. **Nhiệt hóa hơi của một số chất khí đã hóa lỏng ở áp suất khí quyển [3.151]**

Tên khí	Nhiệt hóa hơi r_{hh}		Tên khí	Nhiệt hóa hơi r_{hh}	
	kcal/kg	kcal/ptg		kcal/kg	kcal/ptg
Agon Ar	37,6	1,60	Heli He	5,52	0,022
Amoniac NH_3	327,1	5,64	Hidro H_2	112,5	0,225
Cacbon oxit CO	51,5	1,44	Không khí	49	1,45
Clo Cl_2	62	4,4	Lưu huỳnh đioxit SO_2	98,9	6,32
Đihiđro sunfua H_2S	132	4,5	Nitơ N_2	47,6	1,33
			Oxi O_2	51,01	1,632

Bảng I.215. **Nhiệt hóa hơi của NH_3, SO_2, CO_2 phụ thuộc vào nhiệt độ [3.151]**

Amoniac	NH_3	t, °C	−40	−20	−10	0	20	40	55	
		r_{hh}, kcal/kg	332,9	317,3	309,7	301,8	284	263	245	
Cacbon đioxit	CO_2	t, °C	−55	−40	−20	−10	0	10	20	30
		r_{hh}, kcal/kg	82,5	76,6	−67,8	62,5	56,1	48,1	37,1	15,1
Lưu huỳnh đioxit	SO_2	t, °C	−10	0	10	20	30	40	50	60
		r_{hh}, kcal/kg	98,9	95,5	92,1	88,7	83,5	80,5	77,9	70,3

Bảng I.216. **Nhiệt hóa hơi của các hợp chất hữu cơ [30.82]**

Các chất hữu cơ trong bảng này xếp theo thứ tự sau: các hiđrocacbon xếp theo loại, trong mỗi loại theo thứ tự tăng dần của mạch cacbon, các hợp chất hữu cơ khác - theo thứ tự vần chữ cái của tên gọi.

Tên chất	Công thức	t_{bh}, °C	r_{hh}, kcal/kg	Tên chất	Công thức	t_{bh}, °C	r_{hh}, kcal/kg
1	2	3	4	1	2	3	4
Hiđrocacbon				Hexan	C_6H_{14}	25	87,50
Parafin:						68,74	80,48
Metan	CH_4	-161,6	121,87	2-Metylpentan	C_6H_{14}	25	82,83
Etan	C_2H_6	-88,9	116,87			60,27	76,89
Propan	C_3H_8	25	81,76	3-Metylpentan	C_6H_{14}	25	83,96
		-42,1	101,76			63,28	78,42
Butan	C_4H_{10}	25	86,63	2,2-Đimetylbutan	C_6H_{14}	25	76,79
		-0,50	92,09			49,74	73,75
2-Metylpropan	C_4H_{10}	25	78,63	2,3-Đimetylbutan	C_6H_{14}	25	80,77
		-11,72	87,56			57,99	76,53
Pentan	C_5H_{12}	25	87,54	Heptan	C_7H_{16}	25	87,18
		36,08	85,38			98,43	76,45
2-Metylbutan	C_5H_{12}	25	81,47	2-Metylhexan	C_7H_{16}	25	83,02
		27,86	80,97			90,05	73,4
2,2-Đimetylpropan	C_5H_{12}	25	72,15	3-Metylhexan	C_7H_{16}	25	83,68
		9,45	75,37			93,95	74,1

Tiếp bảng I.216

1	2	3	4
3-Etylpentan	C_7H_{16}	25	84,02
		93,47	74,3
2,2-Đimetylpentan	C_7H_{16}	25	77,36
		79,20	69,7
2,3-Đimetylpentan	C_7H_{16}	25	81,68
		89,79	72,9
2,4-Đimetylpentan	C_7H_{16}	25	78,44
		80,51	70,9
3,3-Đimetylpentan	C_7H_{16}	25	78,76
		86,06	70,6
2,2,3-Trimetylbutan	C_7H_{16}	25	76,42
		80,88	69,3
Octal	C_8H_{18}	25	86,80
		125,66	73,19
2-Metylheptan	C_8H_{18}	25	83,02
		117,64	70,3
3-Metylheptan	C_8H_{18}	25	83,35
		118,92	71,3
4-Metylheptan	C_8H_{18}	25	83,01
		117,71	70,91
3-Etylhexan	C_8H_{18}	25	82,95
		118,53	71,7
2,2-Đimetylhexan	C_8H_{18}	25	78,02
		106,84	67,7
2,3-Đimetylhexan	C_8H_{18}	25	81,17
		115,60	70,2
2,4-Đimetylhexan	C_8H_{18}	25	79,02
		109,43	68,5
2,5-Đimetylhexan	C_8H_{18}	25	79,21
		109,10	68,6
3,3-Đimetylhexan	C_8H_{18}	25	78,54
		111,97	68,5
3,4-Đimetylhexan	C_8H_{18}	25	81,55
		117,72	70,2
2-Metyl 3-etylpentan	C_8H_{18}	25	80,60
		115,65	69,7
3-Metyl-3-etylpentan	C_8H_{18}	25	79,49
		118,26	69,3
2,2,3-Trimetylpentan	C_8H_{18}	25	77,24
		109,84	67,3
2,2,4-Trimetylpentan	C_8H_{18}	25	73,50
		99,24	64,87
2,3,3-Trimetylpentan	C_8H_{18}	25	77,87
		114,76	68,1
2,3,4-Trimetylpentan	C_8H_{18}	25	78,90
		113,47	68,37
2,2,3,3-Tetrametylbutan	C_8H_{18}	106,30	66,2
Ankylbenzen:			
Benzen	C_6H_6	25	103,57
		80,10	94,14
Toluen	C_7H_8	25	98,55
		110,62	86,8
Etylbenzen	C_8H_{10}	25	95,11
		136,19	81,0
o-Xilen	C_8H_{10}	25	97,79
		144,42	82,9
m-Xilen	C_8H_{10}	25	96,03
		139,10	82,0
p-Xilen	C_8H_{10}	25	95,40
		138,35	81,2
Propylbenzen	C_9H_{12}	25	91,93
		159,22	76,0
Izopropylbenzen	C_9H_{12}	25	89,77
		152,40	74,6
1-Metyl 2-etylbenzen	C_9H_{12}	25	94,9
		165,15	77,3
1-Metyl 3-etylbenzen	C_9H_{12}	25	93,3
		161,30	76,6
1-Metyl 4-etylbenzen	C_9H_{12}	25	92,7
		162,05	76,4
1,2,3-Trimetylbenzen	C_9H_{12}	25	97,56
		176,15	79,6
1,2,4-Trimetylbenzen	C_9H_{12}	25	95,33
		169,25	78,0
1,3,5-Trimetylbenzen	C_9H_{12}	25	94,40
		164,70	77,6
Ankylxiclohexan:			
Xiclohexan	C_6H_{12}	25	93,81
		80,74	85,6
Metylxiclohexan	C_7H_{14}	25	86,07
		100,94	76,9
Etylxiclohexan	C_8H_{16}	25	86,21
		131,79	73,7
1,1-Đimetylxiclohexan	C_8H_{16}	25	80,9
		119,50	70,7
cis-1,2-Đimetylxiclohexan	C_8H_{16}	25	84,59
		129,73	72,9
trans-1,2-Đimetylxiclohexan	C_8H_{16}	25	81,70
		123,42	71,1

Tiếp bảng 1.2.16

1	2	3	4
cis-1,3-Đimetyl-xiclohexan	C_8H_{16}	25	83,49
		124,45	72,1
trans-1,3-Đimetyl-xiclohexan	C_8H_{16}	25	81,42
		120,09	70,9
cis-1,4-Đimetyl-xiclohexan	C_8H_{16}	25	83,13
		124,32	71,9
trans-1,4-Đimetyl-xiclohexan	C_8H_{16}	25	80,67
		119,35	70,4
Ankylxiclopentan:			
Xiclopentan	C_5H_{10}	25	97,1
		49,26	93,1
Metylxiclopentan	C_6H_{12}	25	89,83
		71,81	83,2
Etylxiclopentan	C_7H_{14}	25	88,6
		103,45	78,3
1,1-Đimetyl-xiclopentan	C_7H_{14}	25	82,5
		87,5	74,6
cis-1,2-Đimetyl-xiclopentan	C_7H_{14}	25	86,4
		99,3	77,0
trans-1,2-Đimetyl-xiclopentan	C_7H_{14}	25	83,9
		91,9	75,5
trans-1,3-Đimetyl-xiclopentan	C_7H_{14}	25	83,6
		90,8	75,3
Monoolefin:			
Eten(etilen)	C_2H_4	−103,71	115,39
Propen (propilen)	C_3H_6	−47,70	104,62
Buten-1	C_4H_8	25	86,8
		−6,25	93,36
cis-Buten-2	C_4H_8	25	94,5
		3,72	99,46
trans-Buten-2	C_4H_8	25	91,8
		0,88	96,94
2-Metylpropen (izobutilen)	C_4H_8	25	87,7
		−6,90	94,22
Các hợp chất hữu cơ khác			
Amilen	C_5H_{10}	12,5	75,01
Amylamin	$C_5H_{13}N$	95	98,67
Amyl bromua	$C_5H_{11}Br$	129	48,26
Amyl iođua	$C_5H_{11}I$	155	47,54
Amylmetylxeton	$C_7H_{14}O$	149,2	82,66
Anhiđrit axetic	$C_4H_6O_3$	137	92,2
Anilin	C_6H_7N	183	103,68
Axetal	$C_6H_{14}O_2$	102,9	66,18
Axetalđehit	C_2H_4O	21	136,17
Axetofenon	C_8H_8O	203,7	77,16
Axeton	C_3H_6O	0	134,74
		20	131,81
		40	128,05
		60	123,51
		80	118,26
		100	112,76
		235	0
Axetonitril	C_2H_3N	80	173,68
Axetyl clorua	C_2H_3ClO	51	78,84
Axit axetic	$C_2H_4O_2$	118,3	96,75
		140	94,37
		220	81,23
		321	0
Axit butric	$C_4H_8O_2$	163,5	113,96
Axit đicloaxetic	$C_2H_2Cl_2O_2$	194,4	77,16
Axit fomic	CH_2O_2	101	119,93
Axit izobutiric	$C_4H_8O_2$	154	111,57
Axit izovalerianic	$C_5H_{10}O_2$	176,3	101,05
Axit propinic	$C_3H_6O_2$	139,3	98,81
Benzonitril	C_7H_5N	189	87,68
Butylfomiat	$C_5H_{10}O_2$	105,1	86,74
Butylmetylxeton	$C_6H_{22}O$	127	82,42
Butylpropionat	$C_7H_{14}O_2$	144,9	71,74
Cacbon đisunfua	CS_2	0	89,35
		46,15	84,09
		100	75,49
		140	67,37
Cacbon tetraclorua	CCl_4	0	52,06
		76,75	46,42
		200	32,73
Capronitril	$C_6H_{11}N$	156	88,15
Clobenzen	C_6H_5Cl	130,6	77,59
β-Cloetylaxetat	$C_4H_7ClO_2$	141,5	80,75
Cloral	C_2HCl_3O	-	53,99
Cloralhiđrat	$C_2H_3Cl_3O_2$	96	131,87
Clorofom	$CHCl_3$	0	64,74
		40	60,92
		61,5	59,01
		100	55,19
		260	0
o-Clotoluen	C_7H_7Cl	158,1	72,63
p-Clotoluen	C_7H_7Cl	160,4	73,13
Cloxiclohexan	$C_6H_{11}Cl$	142,0	74,78
m-Crezol	C_7H_8O	202	100,58
Điclođiflometan	CCl_2F_2	−29,8	40,40

Tiếp bảng I.2.16

1	2	3	4
Đietylamin	$C_4H_{11}N$	58	91,02
Đietylcacbonat	$C_5H_{10}O_3$	126	73,10
Đietyloxalat	$C_6H_{10}O_4$	185	67,61
Đietylxeton	$C_5H_{10}O$	101	90,78
Điizobutylamin	$C_8H_{19}N$	134	65,70
Đimetylanilin	$C_8H_{11}N$	193	80,75
Đimetylcacbonat	$C_3H_6O_3$	90	88,15
Đipropylamin	$C_6H_{15}N$	108	75,73
Đipropylxeton	$C_7H_{14}O$	143,5	75,73
Ete amyl	$C_{10}H_{22}O$	170	69,52
Ete etyl	$C_4H_{10}O$	34,6	83,85
Ete etylizobutyl	$C_6H_{14}O$	79,0	74,78
Ete etylpropyl	$C_5H_{12}O$	60	82,66
Ete fenylmetyl	C_7H_8O	153	81,46
Etilen bromua	$C_2H_4Br_2$	130,8	46,23
Etilen clorua	$C_2H_4Cl_2$	0	85,29
		82,3	77,33
Etilenglicol	$C_2H_6O_2$	197	191,12
Etilen oxit	C_2H_4O	13	138,56
Etiliden clorua	$C_2H_4Cl_2$	0,0	76,69
		60	67,13
Etylamin	C_2H_7N	15	145,97
Etylaxetat	$C_4H_8O_2$	0,0	102,01
Etylbenzoat	$C_9H_{10}O_2$	213	64,50
Etyl bromua	C_2H_5Br	38,4	59,92
Etylbutirat	$C_6H_{12}O_2$	118,9	74,68
Etyl clorua	C_2H_5Cl	4,7	92,93
		15,0	92,45
		20,0	92,22
		25,0	91,98
Etylfomiat	$C_3H_6O_2$	53,3	97,18
Etyl iodua	C_2H_5I	71,2	45,61
Etylizobutirat	$C_6H_{12}O_2$	109,2	72,05
Etylizovalerat	$C_7H_{14}O_2$	114	67,85
Etylmetylxeton	C_4H_8O	78,2	105,93
Etylmetylxetoxim	C_4H_9NO	182	115,87
Etylpropionat	$C_5H_{10}O_2$	97,6	80,08
Etylvalerat	$C_7H_{14}O_2$	98	77,16
Fenyl bromua	C_6H_5Br	155,9	57,90
Fufurol	$C_5H_4O_2$	160,5	107,51
Furan	C_4H_4O	31	95,32
Heptanol	$C_7H_{16}O$	176	104,88
Hidro xianua	HCN	20	210,23
Izoamylaxetat	$C_7H_{14}O_2$	143,6	69,04
Izoamylbutirat	$C_9H_{18}O_2$	169	61,88
Izoamylfomiat	$C_6H_{12}O_2$	123	73,58
Izoamylizobutirat	$C9H_{18}O_2$	168	57,57
Izoamylpropionat	$C_8H_{16}O_2$	161	65,22
Izoamylvalerat	$C_{10}H_{20}O_2$	187	56,14
Izobutylaxetat	$C_6H_{12}O_2$	115,3	73.75
Izobutylbutirat	$C_8H_{16}O_2$	157	64,50
Izobutylfomiat	$C_5H_{10}O_2$	97	78,50
Izobutylizobutirat	$C_8H_{16}O_2$	148	63,31
Izobutylizovalerat	$C_9H_{18}O_2$	169	60,44
Izobutylpropionat	$C_7H_{14}O_2$	137	65,94
Izobutylvalerat	$C_9H_{18}O_2$	169	57,81
Izopropylmetylxeton	$C_5H_{10}O$	92	89,83
Limonen	$C_{10}H_{16}$	165	69,52
Metylal	$C_8H_8O_2$	42	89,83
Metylaminxeton	$C_7H_{14}O$	149,2	82,66
Metylanilin	C_7H_9N	194	95,56
Metylaxetat	$C_3H_6O_2$	0,0	113,96
		56,3	98,09
Metylbutirat	$C_5H_{10}O_2$	102,6	79,79
Metylbutylxeton	$C_6H_{12}O$	127	82,12
Metyl clorua	CH_3Cl	−23,8	102,25
		15	96,04
Metyl clorua	CH_3Cl	20,0	95,32
		25,0	94,60
Metyletylxeton	C_4H_8O	78,2	105,93
Metylfomiat	$C_2H_4O_2$	31,3	112,35
Metyl iodua	CH_3I	42	45,87
Metylizobutirat	$C_5H_{10}O_2$	91,2	78,12
Metylizopropylxeton	$C_5H_{10}O$	92	89,83
Metylizovalerat	$C_6H_{12}O_2$	116	72,39
Metylpropionat	$C_4H_8O_2$	79,0	87,56
Metylvalerat	$C_6H_{12}O_2$	116,0	70,00
Naftalen	$C_{10}H_8$	218	75,49
Nitrobenzen	$C_6H_5NO_2$	210	79,08
Nitrometan	CH_3NO_2	99,9	134,98
Piperidin	$C_5H_{11}N$	106	89,35
Piridin	C_5H_5N	114,1	107,36
Propionitril	C_3H_5N	97	134,26
Propylaxetat	$C_5H_{10}O_2$	100,4	80,27
Propylbutirat	$C_7H_{14}O_2$	143,6	68,33

Tiếp bảng I.216

1	2	3	4	1	2	3	4
Propylfomiat	$C_4H_8O_2$	80,0	88,13	Rượu metylic	CH_4O	0	284,2
Propylizobutriat	$C_7H_{14}O_2$	134	63,79			64,7	162,79
Propylizovalerat	$C_8H_{16}O_2$	156	64,50			100	241,29
Propylpropionat	$C_6H_{12}O_2$	120,6	73,15			160	193,51
Rượu:						200	148,12
						220	109,89
						240	0
alylic	C_3H_6O	96	163,41	Rượu propylic	C_3H_8O	97,2	164,36
amylic	$C_5H_{12}O$	131	120,17	1,1,2,2-Tetracloetan	$C_2H_2Cl_4$	145	55,07
amylic bậc ba	$C_5H_{12}O$	102	105,83	Tetracloetilen	C_2Cl_4	120,7	50,05
benzylic	C_7H_8O	204,3	112,28	*o*-Toluidin	C_7H_9N	198	95,08
butylic	$C_4H_{10}O$	116,8	141,26	Tricloetilen	C_2HCl_3	85,7	57,24
butylic bậc hai	$C_4H_{10}O$	98,1	134,38	Valeronitril	C_5H_9N	129	96,28
butylic bậc ba	$C_4H_{10}O$	83	130,44	Xalixylandehit	$C_7H_6O_2$	196	74,78
2-cloetylic	C_2H_5ClO	126,5	122,94	Xianogen	$(CN)_2$	0	102,97
etylic	C_2H_6O	78,3	204,26	Xianogen clorua	CNCl	13	134,98
izoamylic	$C_5H_{12}O$	130,2	119,78	Xiclohexanol	$C_6H_{12}O$	161,1	108,22
izobutylic	$C_4H_{10}O$	106,9	138,08				
izopropylic	C_3H_8O	82,3	159,35				

§6. Nhiệt hòa tan

1. Đa số trường hợp dung dịch nguội đi khi hòa tan các chất rắn trong dung môi, vì để phá vỡ màng lưới tinh thể của chất rắn cần tiêu tốn một năng lượng (nhiệt nóng chảy). Mặt khác chất hòa tan lại có tác dụng hóa học với dung môi tạo thành sonvat (khi hòa tan trong nước thì tạo thành hiđrat) và tỏa nhiệt gọi là nhiệt sonvat hóa. Do đó nhiệt hòa tan chính là tổng đại số của nhiệt nóng chảy và nhiệt sonvat hóa và quy ước là giá trị của nhiệt hòa tan mang dấu cộng khi quá trình tỏa nhiệt, mang dấu trừ khi thu nhiệt.

Nhiệt tích phân của quá trình hòa tan là lượng nhiệt tính bằng jun được thu vào hay tỏa ra khi hòa tan 1kg chất rắn (hay dung dịch có chứa 1kg chất rắn) vào một lượng dung môi vô cùng lớn, nghĩa là loãng đến mức dù có pha loãng hơn nữa cũng không kèm theo một hiệu ứng nhiệt nào cả. Trong thực tế có thể coi như hiệu ứng nhiệt không quan sát thấy khi hòa tan 1 mol chất rắn trong lượng dung môi bằng hay lớn hơn 300 mol [31]. Các chất dễ tạo thành hiđrat thì có nhiệt hòa tan giá trị dương, còn các chất không tạo thành hiđrat thì có nhiệt hòa tan giá trị âm. Nhiệt hòa tan phụ thuộc vào bản chất của chất hòa tan và dung môi và phụ thuộc vào nồng độ.

2. Khi không có số liệu thực nghiệm có thể tính nhiệt hòa tan của các chất rắn có độ hòa tan nhỏ theo công thức [28.247]:

$$q_{ht} = \frac{19175 \lg \frac{c_1}{c_2}}{M(1/T_2 - 1/T_1)}, \text{ J/kg}; \quad (I.62)$$

trong đó c_1, c_2 - độ hòa tan của chất rắn ở nhiệt độ T_1, T_2, °K; M - khối lượng mol của chất hòa tan.

3. Nhiệt tỏa ra khi kết tinh không có bay hơi một phần dung môi xác định theo phương trình cân bằng nhiệt lượng sau đây [28.248]:

$$Q_{kt} = G_1c(t_1 - t_2) + G_{t.th}\, q, \text{ J}; \qquad (I.63)$$

trong đó G_1 - lượng dung dịch ban đầu, kg; c - nhiệt dung riêng của dung dịch đầu, J/kg. độ; t_1, t_2 - nhiệt độ đầu và cuối của dung dịch, °C; q - nhiệt kết tinh. J/kg.

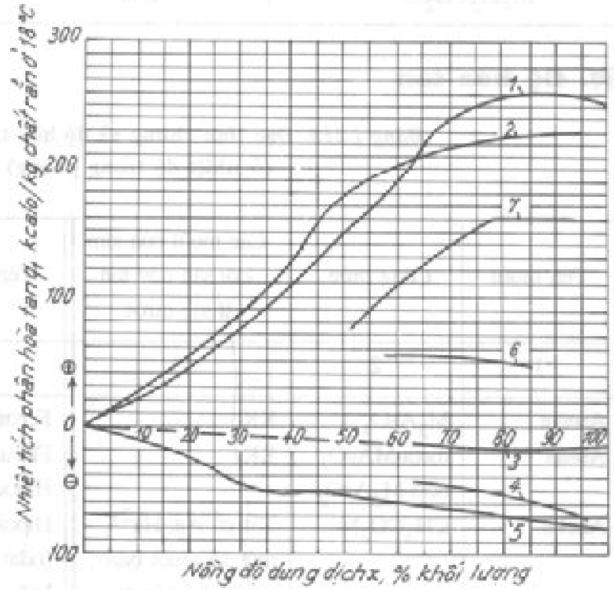
4. Lượng tinh thể tạo thành xác định theo phương trình cân bằng vật liệu sau đây:

$$G_{t.th} = \frac{G_1(x_2 - x_1)\, Wx_2}{x_2 - x_{t.th}}, \text{ kg} \qquad (I.64)$$

trong đó x_1, x_2 - nồng độ đầu và cuối của dung dịch, % khối lượng; W - lượng dung môi bay hơi, kg; G_1 - lượng dung dịch ban đầu, kg; $x_{t.th} = M/M_{t.th}$ - tỉ lệ giữa khối lượng mol của chất hòa tan khan và của tinh thể hiđrat.

5. Lượng tinh thể tạo thành khi kết tinh không tách một phần dung môi ($W = 0$):

$$G_{t.th} = \frac{G_1(x_2 - x_1)}{x_2 - x_{t.th}}, \text{ kg}, \qquad (I.65)$$



Hình 1.67. **Biểu đồ xác định nhiệt tích phân của quá trình hòa tan của một số dung dịch [31.229] :** 1-NaOH; 2-KOH; 3-$(NH_4)_2SO_4$; 4-$NaNO_3$; 5-NH_4NO_3; 6-K_2CO_3; 7 - $CaCl_2$

Bảng I.217. **Nhiệt hòa tan của một số chất rắn trong nước [26.525]**

Công thức chất muối hòa tan	Khối lượng, mol	q_{ht}, kcal.mol	Số kilogam mol nước, n
1	2	3	4
NaCl	58,5	+ 1180	100
Na_2SO_4	142	- 460	400
$Na_2SO_4.10H_2O$	322	+ 18760	400
$NaNO_3$	85	+ 5030	200
$K_2CO_3.1,5H_2O$	165	+ 380	400
KCl	74,6	+ 4190	100
KNO_3	101	+ 8520	200

Tiếp bảng I.217

1	2	3	4
$KOH.2H_2O$	92	+ 30	170
$(NH_4)_2SO_4$	132	+ 2370	400
$CaCl_2.6H_2O$	219	+ 4310	400
$MgCl_2.6H_2O$	203	– 2950	400

§7. Độ hòa tan

Bảng I.218. **Đặc tính chung về độ hòa tan của các muối trong nước (ở nhiệt độ trong phòng) [3.154, 29.313]**

Tên muối	Công thức	Các muối của kim loại sau đây tan trong nước
1	2	3
Asenat	M_3AsO_4	KK
Asenit	meta-$MAsO_2$ octa-M_3AsO_3	KK
Axetat	CH_3CO_2M	Tất cả Ag, Hg^{2+}, một số muối bazơ, muối khó hòa tan
Bicacbonat	$MHCO_3$	KK, Ca, Sr, Ba, Mg, Fe, Mn trong nước lạnh
Bisunfat	$MHSO_4$	KK
Bisunfit	$MHSO_3$	KK, KKT
Bitatrat	$(C_4H_4O_6)HM$	Li, Na
Borat	M_3BO_3	KK
Bromua	MBr	Tất cả, trừ Ag, Au, Cu^+, Hg_2^{2+}, Pt^{2+}, MB, Bi, Mg, Sb, $PbBr_2$ và TlBr khó hòa tan
Cacbonat	M_2CO_3	KK
Clorat	$MClO_3$	Tất cả
Clorua	MCl	Tất cả, trừ Ag, Au, Hg_2^{2+}, Pt^{2+}, MB, Bi, Mg, Sb, $PbCl_2$ và TlCl khó hòa tan

Tên muối	Công thức	Các muối của kim loại sau đây tan trong nước
1	2	3
Feroxianua	$M_4[Fe(CN_6)]$	KK, KKT
Florua	MF	KK, Ag, Sn
Hipoclorit	MOCl	Tất cả
Hiposunfurit	$M_2S_2O_3$	Xem tiosunfat
Iodat	MIO_3	KK
Iodua	MI	Tất cả, trừ Ag, Hg, Pd, Tl^+, Cu^{2+}, PbI_2 khó hòa tan
Manganat	M_2MnO_4	Tất cả
Metaphotphat	MPO_3	KK
Molipdat	M_2MoO_4	KK
Nitrat	MNO_3	Tất cả
Nitrit	MNO_2	Tất cả, $AgNO_2$ khó hòa tan
Oxalat	$C_2O_4M_2$	KK
Peclorat	$MClO_4$	Tất cả
Pemanganat	$MMnO_4$	Tất cả
Photphat (octo)	MH_2PO_4	KK, KKT (muối một thay thế)
Pirophotphat	$M_4P_2O_7$	KK
Rodanit	MSCN	Xem tioxianat
Selonat	M_2SeO_4	Tất cả, trừ Ba, Sr và Pb
Selenit	M_2SeO_3	KK, những muối còn lại khó hòa tan
Silicat	meta-M_2SiO_3 octo-M_4SiO_4	KK

Tiếp bảng I.218

1	2	3	1	2	3
Cromat	M_2CrO_4	KK, Ca, Mg, Sr, Zn	Sunfat	M_2SO_4	Tất cả, trừ Ca, Ba, Sr, Pb và một số MB
Ferixianua	$M_3[Fe(CN)_6]$	KK, KKT			
Sunfit	M_2SO_3	KK			
Sunfua	M_2S	KK KKT, CaS khó hòa tan	Vonframat	M_2WO_4	KK
			Xianat	MNCO	KK, KKT
Tatrat	$(C_4H_4O_6)M_2$	KK	Xianua	MCN	KK, KKT
Telurat	M_2TeO_4	KK			Hg^{2+}
Telurit	M_2TeO_3	KK	Xitrat	$C_3H_4(OH)(CO_2M)_3$	KK
Tiosunfuat	$M_3S_2O_3$	Tất cả: Ag, Pb và Ba khó hòa tan			
Tioxianat	MSCN	KK, KKT, Fe			

Ký hiệu : chữ M trong các công thức ở cột 2 là kim loại hóa trị 1 ; MB - muối bazơ; KK - kim loại kiềm; KKT - kim loại kiềm thổ.

***Bảng I.219.* Độ hòa tan của một số chất trong nước phụ thuộc vào nhiệt độ (*S*, g chất khan trong 100g dung dịch, % khối lượng) [3.155, 29.337]**

Tên chất	*N*	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$AgNO_3$	–	53,5	61,8	68,6	73,2	77,0	80,0	82,5	86,7	90,1
$Al(NO_3)_3$	$9H_2O$	37,8	40,2	43,0	44,9	46,3	49,1	50,9	54,6 (70°C)	–
$Al_2(SO_4)_3$	$18H_2O$	23,8	25,1	26,7	28,8	31,4	34,3	37,2	42,2	47,1
$BaCl_2$	$2H_2O$	24,0	25,0	26,3	27,6	29,0	30,4	31,7	34,4	37,0
$Ba(ClO_3)_2$	H_2O	14,5	17,5	20,6	22,8	24,9	26,8	–	31,5	34
$Ba(NO_3)_2$	–	4,8	6,5	8,3	10,4	12,4	14,6	16,9	21,3	25,5
BaO	$8H_2O$	1,5	2,2	3,4	4,8	6,9	10,5	15,8	–	–
$CaCl_2$	$6H_2O$	37,3	39,4	42,7	50,1	–	–	–	–	–
	$4H_2O$	–	–	–	50,1	53,5	–	–	–	–
	$2H_2O$	–	–	–	–	–	–	57,8	59,5	61,4
$Ca(NO_3)_2$	$4H_2O$	50,5	53,6	56,4	60,4	66,2	–	–	–	–
	$3H_2O$	–	–	–	–	–	73,8	–	–	–
	K	–	–	–	–	–	–	–	78,2	78,4
CaO	H_2O	0,13	–	0,123	0,113	0,104	0,096	0,086	0,067	–
$CaSO_4$	$2H_2O$	0,176	0,193	0,202 (18°)	0,210	0,211	–	0,201 (55°)	–	–
$CdSO_4$	$8/3H_2O$	43,0	43,2	43,4	–	44	–	45	46,7	–
	H_2O	–	–	–	–	–	–	–	46,7	37,7
$CoCl_2$	$6H_2O$	30,2	31,0	34,9	–	39,4	48,3	–	–	–
	$2H_2O$	–	–	–	36,1	–	48,3	48,4	49,0	50,7
$Co(NO_3)_2$	$6H_2O$	45,7	–	50,5	–	55,9	–	–	–	–
	$3H_2O$	–	–	–	–	–	–	62	68	–

Tiếp bảng I.2.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$CoSO_4$	$7H_2O$	20,3	23,4	26,6	29,7	32,8	–	–	–	–
	$6H_2O$	–	–	–	–	–	34,3	35,5	–	–
	H_2O	–	–	–	–	–	–	–	35,0	28,0
CrO_3	–	62,0	–	62,5	62,9	63,5	64,6	65,1	–	67,4
$CuCl_2$	$2H_2O$	40,7	41,5	42,2	–	44,7	45,0	–	49,8	–
$Cu(NO_3)_2$	$6H_2O$	45,0	50,0	55,6	–	61,5	–	–	–	–
	$3H_2O$	–	–	–	–	61,5	63,2	64,2	67,5	–
$CuSO_4$	$5H_2O$	12,9	14,8	17,2	20,0	22,8	25,1	28,1	34,9	42,4
$FeCl_2$	$4H_2O$	–	–	38,4	39,6	40,8	42,2	43,9	45,8 (70°)	–
$FeCl_3$	$6H_2O$	42,7	45,0	47,9	51,6	–	–	–	–	–
$FeSO_4$	$7H_2O$	13,5	17,0	21,0	24,8	28,7	32,3	–	–	–
H_3BO_3	–	2,5	3,5	4,8	6,3	8,0	10,4	12,9	19,1	28,7
HIO_3	–	70,3	–	71,7	–	73,7	–	75,9	78,3	80,8
$HgCl_2$	–	4,12	5,3	6,2	–	8,8	10,2	12,2	19,5	35,1
KBr	–	34,5	–	39,7	–	43,2	44,8	46,2	48,8	51,2
$KBrO_3$	–	3,0	4,5	6,4	8,8	11,7	14,7	18,6	25,3	33,2
K_2CO_3	$2H_2O$	51,9	52,2	52,8	53,4	53,9	54,8	55,9	58,3	60,9
KCl	–	22,2	23,8	25,5	27,2	28,7	30,1	31,3	33,8	36,0
$KClO_3$	–	3,2	4,8	6,8	9,2	12,7	16,5	20,6	28,4	36,0
$KClO_4$	–	0,7	1,1	1,7	2,05	–	5,1	–	10,9	18,2
K_2CrO_4	–	36,4	37,9	38,9	39,5	40,1	40,8	42,1	44,5	46,5
$K_2Cr_2O_7$	–	4,43	7,5	11,1	15,4	20,6	25,9	31,2	41,1	50,5
KI	–	56,1	57,7	59,1	60,4	61,5	62,7	63,8	65,8	67,6
KIO_3	–	4,5	–	7,5	10,5	11,4	13,2	15,6	19,9	24,4
$K_4Fe(CN)_6$	$3H_2O$	13,0	17,5	22,4	26,9	29,9	–	35,9	40,7	43,6
$KMnO_4$	–	2,75	4,10	6,00	8,3	11,2	14,4	20	–	–
KNO_3	–	11,6	17,7	24,1	31,5	39,1	46,2	52,5	62,8	71,1
KOH	$2H_2O$	49,2	50,8	52,8	55,8	–	–	–	–	–
	H_2O	–	–	–	–	–	58,3	–	–	64
K_2SO_4	–	6,87	8,47	10,0	11,5	13,0	14,2	15,4	17,6	19,4
LiCl	H_2O	40,8	42,8	45,3	46,3	47,5	48,6	49,9	53,1	56
LiOH	H_2O	10,6	10,8	11	11,3	11,7	12,1	12,8	14,2	16
Li_2SO_4	H_2O	26,2	–	25,7	–	24,5	–	24,0	23,1	22,8
$MgCl_2$	$6H_2O$	34,6	34,9	35,3	–	36,5	–	37,9	39,8	42,2
$Mg(NO_3)_2$	$6H_2O$	–	39,8	41,2	42,7	44,1	–	44,7	51,5	–
$MgSO_4$	$7H_2O$	–	23,6	26,2	29,0	31,3	–	–	–	–
	$6H_2O$	–	–	–	–	–	33,5	35,5	–	–
	H_2O	–	–	–	–	–	–	–	38,6	40,6
$MnCl_2$	$4H_2O$	38,3	–	42,4	44,7	–	49,5	–	–	–
	$2H_2O$	–	–	–	–	–	–	52,1	53,0	53,7
$MnSO_4$	$5H_2O$	–	37,4	38,6	–	–	–	–	–	–
	H_2O	–	–	–	39,4	–	37,3	–	34,2 (70°C)	25
NH_4Cl	–	23,0	25,0	27,3	29,3	31,4	33,5	35,6	39,6	43,6

Tiếp bảng I.219

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NH_4HCO_3	–	11	13,7	17,5	21,3	24,2	–	30,0	–	–
NH_4NO_3	–	54,2	59,1	63,9	70,8	74,8	78,0	80,4	86,2	91,0
$(NH_4)_2SO_4$	–	41,4	42,2	43,0	43,8	44,8	45,8	46,8	48,8	50,8
$Na_2B_4O_7$	$10H_2O$	1,38	1,58	2,52	3,75	–	9,52	16,7	–	–
	$5H_2O$	–	–	–	–	–	–	16,7	23,9	34,3
$NaBr$	$2H_2O$	44,3	–	47,5	49,5	51,4	53,7	54,1	–	–
	K	–	–	–	–	–	–	–	54,2	54,8
$NaBrO_3$	–	21,6	–	27,7	–	38,4	–	38,5	43,1	47,6
Na_2CO_3	$10H_2O$	6,4	11,2	17,8	29,0	–	–	–	–	–
	H_2O	–	–	–	–	33,2	32,2	31,7	31,1 (88,4°C)	31,1 (104,8°C)
$NaCl$	–	26,3	26,3	26,4	26,5	26,7	26,9	27,1	27,6	28,2
$NaClO_3$	–	45,1	–	49,7	–	56,5	–	59,5	63,6	67,1
Na_2CrO_4	$4H_2C$	–	–	–	47	49,0	51,2	53,5	–	–
	$6H_2O$	–	–	44,2	47	–	–	–	–	–
	$10H_2O$	24,2	33,4	44,2	–	–	–	–	–	–
$Na_2Cr_2O_7$	$2H_2O$	62,0	63,0	64,3	66,3	68,8	71,3	73,9	79,4	–
NaI	$2H_2O$	61,4	62,8	64,2	65,5	67,2	69,5	72,0	–	–
	K	–	–	–	–	–	–	–	74,7	75,2
$NaIO_3$	$5H_2O$	2,44	–	8,34	–	12,6	–	17,7	21,7	25,3
$NaHCO_3$	–	6,45	7,5	8,76	9,96	11,3	12,7	14,1	–	–
$NaNO_2$	–	41,9	43,8	45,8	47,8	49,6	51,0	–	57,0	62
$NaNO_3$	–	42,2	44,5	46,8	49,0	51,2	53,3	55,5	59,7	64,5
$NaOH$	H_2O	–	34	52,2	54,3	56,3	59,1	63,5	–	–
	K	–	–	–	–	–	–	–	75,7	77,6
Na_3PO_4	$12H_2O$	4,3	7,6	10,8	14,0	16,8	22,7	28,5	35,1 (75°C)	–
Na_2HPO_4	$12H_2O$	1,8	3,7	7,2	22,6 (31,5°C)	–	–	–	–	–
	$2H_2O$	–	–	–		–	44,5	47,6 (59°C)	49,3 (85°C)	–
Na_2S	$9H_2O$	–	13,4	15,8	–	22,2	–	–	–	–
	$6H_2O$	–	–	–	18,4	–	20,6	28,1	32,9	–
Na_2SO_4	$10H_2O$	4,5	8,2	16,1	–	–	–	–	–	–
	K		–	–	28,8 33,5	32,5	32	30,5 (70°C)	30 (90°C)	29,9 –
$Na_2S_2O_3$	$5H_2O$	34,4	37,9	41,2	–	–	–	–	–	–
	$2H_2O$	–	–	–	45,9	50,7	62,9	67,4	71,3	72,7
$NiCl_2$	$6H_2O$	34,5	36,0	37,9	–	–	–	–	–	–
	$2H_2O$	–	–	–	41,6	42,3	43,2	46,1	–	76,7
$Ni(NO_3)_2$	$6H_2O$	44,2	–	48,5	51,3	54,3	58,2	–	–	–
	$7H_2O$	21,8	24,2	27,4	30,2	–	–	–	–	–
$NiSO_4$	$6H_2O$	–	–	–	–	32,3	34,2	35,4	39,2	43,4
$Pb(NO_3)_2$	–	26,7	30,8	34,3	37,8	41,0	44,0	46,8	51,8	56,0
$SrCl_2$	$6H_2O$	30,6	32,6	35,0	37,5	40,0	42,7	45,4	–	–

Tiếp bảng I.219

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$Sr(NO_3)_2$	$4H_2O$	28,3	35,5	41,5	46,7	–	–	–	–	–
	K	–	–	–	–	47,7	–	48,5	49,3	50,3
$TlNO_3$	–	3,8	5,9	8,7	–	17,3	–	31,6	52,6	80,5
Tl_2SO_4	–	2,6	3,6	4,6	–	7,1	–	9,8	12,7	14,2
$ZnCl_2$	$2,5H_2O$	–	73,1	78,6	–	–	–	–	–	–
	K	–	–	–	–	81,9	–	83,0	84,4	86,0
	$7H_2O$	29,4	32,0	36,6 (25°C)	–	41,2 (39°C)	–	–	–	–
$ZnSO_4$	$6H_2O$	–	–	–	–	41,2	43,1	43,4	–	–
	H_2O	–	–	–	–	–	–	–	46,2	44,0
Sacaroza (đường mía)	–	64,2	65,6	67,1	68,7	70,4	72,3	74,2	78,4	83,0
Axit hữu cơ:										
axit benzoic	–	0,17	0,21	0,29	0,41	0,55	0,77	1,14	2,64	5,55
axit oxalic	$2H_2O$	3,42	5,73	8,69	12,5	17,7	23,9	30,7	45,8	54,5
axit xuxinic	–	2,72	4,31	6,28	9,50	13,9	19,6	26,4	41,5	54,7
Các muối của axit hữu cơ:			0,39							
kali bitatrat	–	034	23,7	0,57	0,95	1,37	1,85	2,40	4,17	6,15
kali oxalat	H_2O	20,3	29,0	26,4	28,6	30,8	33,0	35,1	39,5	44,9
natri axetat	$3H_2O$	26,6	37,7	31,7	35,2	39,5	45,3	58,2	60,5	63
natri formiat	$3H_2O$	30,5	–	46,5	–	–	–	–	–	–
	K	–		–	–	51,8	–	54,6	57,6	61,4

N - Số phân tử nước kết tinh trong pha rắn ở trạng thái cân bằng với dung dịch bão hòa; K - chất khan.

Bảng I.220. Độ hòa tan của các hợp chất vô cơ trong các dung môi hữu cơ

Trong bảng dưới đây cho biết trị số hòa tan (tính bằng gam trong 100 g dung môi) của một số hợp chất vô cơ và các nguyên tố trong các dung môi hữu cơ ở nhiệt độ 18-20°C [29.341]

Độ hòa tan trong rượu etylic (tuyệt đối)

$AgNO_3$	2,1	KCN	0,9	NaCl	0,07
$BaBr_2$	4,1	KCl	0,0034	NaI	43,1
BiI_3	3,5	KI	1,75	$NaNO_2$	0,31
$CaBr_2$	53,5	KOH	37	$NaNO_3$	0,036
$CdCl_2$	1,5	LiBr	72	$NiCl_2$	10
CdI_2	102	LiCl	24	$NiCl_2.6H_2O$	53,7
$CoSO_4.7H_2O$	2,5	$MgSO_4$	1,3	$NiSO_4.7H_2O$	2,2
$CuSO_4.5H_2O$	1,1	NH_3	11,9	$Pb(NO_3)_2$	0,04
HCl (khí)	41	NH_4Br	3,2	Iot	19
H_3BO_3	11	NH_4Cl	0,6	Lưu huỳnh	0,05
$HgBr_2$	23	NH_4ClO_4	2,2	Photpho	0,31
$Hg(CN)_2$	9,5	NH_4I	26,3		
$HgCl_2$	2,2	NH_4NO_3	3,8		
KBr	0,14	NaBr	2,3		

Độ hòa tan trong rượu etylic (dung dịch rượu với nước)
Chú thích: A-độ rượu, % khối lượng

		A			A
$BaCl_2$	0,014	97	NH_4I	37,9	90
BaN_2	1,07	97	NH_4NO_3	11	86,8
HgI_2	1,4	95,8	NaBr	3,1	97
KBr	0,88	90	Na_2CO_3	0,03	95
KCl	0,3	90	NaCl	0,43	89,6
KI	4	94	NaI	50	95
KNO_3	0,3	90	$NaNO_3$	1,2	90
	0,15	92,3	$SrCl_2$	3	91
NH_3	19	96	Iot	14,8	95
NH_4Cl	1,3	92,3			

Độ hòa tan trong rượu metylic (tuyệt đối)

$AgNO_3$	3,7	KBr	2	NaCl	1,41
$BaCl_2$	2,2	KCN	4,9	Na_2CrO_4	0,35
$Ba(NO_3)_2$	0,5	KCl	0,5	NaI	77,7
$CdCl_2$	1,71	KI	16,5	$NaNO_2$	4,4
$CoSO_4$	1,04	$MgSO_4$	1,2	$NaNO_3$	0,41
$CoSO_4.7H_2O$	5,5	$MgSO_4.7H_2O$	41	$NiSO_4$	4
$CuSO_4$	1,05	NH_3	23,8	$NiSO_4.7H_2O$	20
$CuSO_4.5H_2O$	15,6	NH_4Br	12,5	$Pb(NO_3)_2$	1,4
HCl (khí)	88,7	NH_4Cl	3,4	$SrCl_2.6H_2O$	63,3
$HgBr_2$	46	NH_4ClO_4	6,8	$ZnSO_4$	0,65
$Hg(CN)_2$	32	NH_4NO_3	17,1	$ZnSO_4.7H_2O$	5,9
$HgCl_2$	53	NaBr	17,4	Lưu huỳnh	0,03
HgI_2	3,4				

Độ hòa tan trong axeton (tuyệt đối)

$AgNO_3$	0,44	$CuCl_2.2H_2O$	8,9	KSCN	20,8
$Bi(NO_3)_3.5H_2O$	41,7	$FeCl_3$	63	LiCl	2,3
$CdBr_2$	1,56	H_3BO_3	0,5	NH_4ClO_4	2,2
CdI_2	25	$HgCl_2$	143	$SbCl_3$	538
$CoCl_2$	2,8	HgI_2	2	$ZnCl_2$	43,5
$CuCl_2$	2,9	KBr	0,02	Lưu huỳnh	2,5

Độ hòa tan trong glixetin (tuyệt đối)

$BaCl_2$	9,7	KCN	32	$PbCl_2$	2
H_3BO_3	22,2	KCl	6,4	$ZnCl_2$	50
$Hg(CN)_2$	27	$(NH_4)_2CO_3$	20	$ZnSO_4.7H_2O$	35
$HgCl_2$	34,4	NH_4Cl	9	Iot	1
KBr	15	NaBr	38,7	Photpho	0,25

Độ hòa tan trong piridin

AgCl	1,9	CoCl2	0,6	LiCl	13,5
$AgNO_3$	36,6	$CuCl_2$	0,35	MgBr2	0,5
$AlBr_3$	8,14	CuI_2	1,74	$PbCl_2$	0,45
$CaCl_2$	1,66	$Hg(CN)_2$	65	PbI_2	0,21
$CdCl_2$	0,8	$HgCl_2$	25	$Pb(NO_3)_2$	5,8
CdI	0,43	HgI_2	32	$ZnCl_2$	2,6
$CeCl_3$	1,58				

Bảng I.221. **Độ hòa tan của chất hữu cơ (muối của các axit hữu cơ) trong nước (S, g chất khan/100g nước) [39.198]**

Tên chất	Công thức	N	Nhiệt độ, °C: 0	10	20	30	40	50	60	80	100	Ghi chú
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Các axit và muối												
Axit fomic	HCOOH		Xem bảng riêng [39. 204]									
Muối Na	$Na(HCO_2)$	$3H_2O$	43,8	59,4	–	–	–	–	–	–	–	17°C(79,2)
		$2H_2O$	–	–	85,3	–	–	–	–	–	–	25°C(99,6)
		KN	–	–	–	–	107	–	121	138	160	
Muối K	$K(HCO_2)$	–	290	–	335	–	381	–	455	575	790	157°Ct_{nc}(∞)
Muối NH_4	$NH_4(HCO_2)$	–	102	120	143	169	204	–	308	(530)	–	116°Ct_{nc}(∞)
Muối Mg	$Mg(HCO_2)_2$	$2H_2O$	14,0	14,1	14,4	15,0	15,9	16,8	18,0	20,6	24,0	
Muối Ca	$Ca(HCO_2)_2$	–	16,2	16,4	16,6	16,8	17,1	–	17,6	18,0	18,4	
Muối Sr	$Sr(HCO_2)_2$	$2H_2O$	9,1	10,6	12,7	15,2	17,8	21,0	25,0	–	–	72°C(31,2)
		KN	–	–	–	–	–	–	–	31,9	34,4	
Muối Ba	$Ba(HCO_2)_2$	$2H_2O$	26,2	28,0	29,9	31,9	34,0	–	38,6	44,2	51,3	
Muối Zn	$Zn(HCO_2)_2$	$2H_2O$	3,7	4,3	5,2	6,1	7,4	–	11,8	21,2	38	
Muối Cd	$Cd(HCO_2)_2$	$2H_2O$	8,4	11,1	14,4	18,6	25,4	–	59,5	–	–	
		KN	–	–	–	–	–	–	–	80,5	94,6	65°C(75,3)
Axit axetic	CH_3COOH		Xem bảng riêng [39.204]									
Muối Li	$Li(CH_3CO_2)$	$2H_2O$	30,9	33,7	38,1	51,3	68,6	(98)	–	–	–	57,8°C(183)t_{nc} 57,8°C(192)
		KN	–	–	–	–	–	–	192	193	199	286°Ct_{nc}(∞)
Muối Na	$Na(CH_3CO_2)$	$3H_2O$	(36,3)	40,8	(46,2)	(54,2)	65,3	83	–	–	–	58°C(138)
		KN	119	–	123,5	–	129,5	–	139,2	153,2	170,3	
Muối K	$K(CH_3CO_2)$	$1/2H_2O$	217	234	256	284	323	–	–	–	–	
		$1/2H_2O$	–	–	–	–	–	337	350	380	–	41,3°C(328,5)
Muối Mg	$Mg(CH_3CO_2)_2$	$4H_2O$	56,7	59,5	63,5	68,5	75,8	–	111	–	–	68°C(180,9)t_{nc}
Muối Ca	$Ca(CH_3CO_2)_2$	$2H_2O$	37,4	36,0	34,7	33,8	33,2	–	32,7	33,5	–	84°C(33,8)
		$1H_2O$	–	–	–	–	–	–	–	–	29,7	
Muối Sr	$Sr(CH_3CO_2)_2$	$4H_2O$	36,9	43,6	–	–	–	–	–	–	–	8,4°C(43,1)
		$1/2H_2O$	–	42,9	41	39,5	37,8	37,3	36,5	36,1	36,6	
Muối Ba	$Ba(CH_3CO_2)_2$	$3H_2O$	58,7	(63,5)	71	–	–	–	–	–	–	26,2°C(76,4)
		$1H_2O$	–	–	–	75,8(4)		–	–	–	–	40,5°C(790)
		KN	–	–	–	–	–	(76,8)	75	73,8	(76)	

Tiếp bảng I. 221

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Muối Ag	$Ag(CH_3CO_2)$	–	0,73	0,88	1,03	1,21	1,41	–	1,89	2,52	–	
Muối Zn	$Zn(CH_3CO_2)_2$	2H2O	–	–	40(1)	–	–	–	–	–	–	
Muối Pb	$Pb(CH_3CO_2)_2$	$3H_2O$	19,7	29,3	44,3	69,7	116,2	221,0	–	–	–	
Axit oxalic	$C_2O_4H_2$	$2H_2O$	3,54	6,06	9,52	14,3	21,5	31,4	44,3	84,6	119,8(2)	98°C t_{nc}
Muối Na	$Na_2(C_2O_4)$	–	(2,75)	–	3,42	3,60(1)	–	–	–	–	6,33	
Muối K	$K_2(C_2O_4)$	$1H_2O$	25,25	30,3	33,0	–	–	–	–	–	–	
Muối KH	$KH(C_2O_4)$	–	2,2	3,1	5,2	–	10,5	–	20,5	34,7	51,5	Thấp hơn 50°C sẽ chuyển thành muối KH_3
Muối KH_3	$KH_3(C_2O_4)_2$	$2H_2O$	1,26	–	–	4,28	–	–	12,0	–	72,1(3)	
Muối NH_4	$(NH_4)_2C_2O_4$	$1H_2O$	2,5	3,1	4,4	5,9	8,0	10,3	13,8	–	34,6	
Muối Mg	$Mg(C_2O_4)$	$2H_2O$	–	–	0,03(5)	–	–	–	–	0,04(2)	–	
Muối Ca	$Ca(C_2O_4)$	$1H_2O$	$0,40.10^{-3}$	$0,49.10^{-3}$	$0,57.10^{-3}$	–	$0,76.10^{-3}$	–	$(1,0.10^{-3})$	$(1,27.10^{-3})$	$1,54.10^{3}$	40°C $(15,1.10^{-3})$
Muối Ba	$Ba(C_2O_4)$	$2H_2O$	$(4,8.10^{-3})$	$6,6.10^{-3}$	$9,1.10^{-3}$	$12,1.10^{-3}$	$15,1.10^{-3}$	–	$\underline{22,8.10^{-3}}$	–	–	
		$1/2H_2O$	$\underline{8,7.10^{-3}}$	$(\underline{10,7.10^{-3}})$	$\underline{12,5.10^{-3}}$	$\underline{14,0.10^{3}}$	$15,1.10^{-3}$	–	$17,5.10^{-3}$	$19,4.10^{-3}$	$21,1.10^{-3}$	
		$3^{1/2}H_2O$	$\underline{5,5.10^{-3}}$	$\underline{7,5.10^{-3}}$	$\underline{10,5.10^{-3}}$	$\underline{17.10^{-3}}$		–				22°C
Muối các kim loại khác		Xem bảng riêng [39. 204]										
Axit propinic	$C_2H_5CO_2H$		Xem bảng riêng [39 . 204]									
Muối Ca	$Ca(C_2H_5CO_2)_2$	$1/2H_2O$	42,8	41,0	39,9	39,1	38,5	38,3	38,3	39,85	48,5	
Axit xuxinic	$(CH_2CO_2)H_2$	–	2,8	4,5	6,9	10,6	16,2	24,4	35,8	70,8	(120,9)	
Axit tactric	$C_4H_4O_6H_2$	–	115	126	139	156	176	195	218	273	343	
Muối K	$K_2(C_4H_4O_6)$	–	132	143	155	167	(180)	(193)	207	–	–	
Muối KH	$KH(C_4H_4O_6)$	–	0,32	0,40	0,57	0,90	1,31	1,81	2,40	4,5	6,9	
Muối Ca	$Ca(C_4H_4O_6)$	$4H_2O$	–	–	–	0,0436(6)	–	–	–	–	–	
Muối Sr	$Sr(C_4H_4O_6)$	$3H_2O$	0,112	0,149	0,200	0,252	0,328	–	0,480	0,680	–	
Muối Ba	$Ba(C_4H_4O_6)$	–	–	0,0205	0,028	0,032	0,035	0,039	0,044	0,053	–	
Muối Ag	$Ag_2(C_4H_4O_6)$	–	–	0,201	0,203	–	0,204	–	–	–	–	
Muối KSbO	$KSbO(C_4H_4O_6)$	$1/2H_2O$	–	5,8	(6,8)	(9,5)	(13)	(18,2)	22	35	–	
D,L-Axit raxemic	$C_4H_4O_6H_2$	$1H_2O$	9,2	14,0	20,6	29,1	43,3	59,5	78,3	125	185	

Tiếp bảng I.221

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Axit limonic	$C_6H_8O_7$	$1H_2O$	96	118	146	183	–	–	–	–	–	35,8°C(2 10)
		KN	–	–	–	–	216	244	278	371	526	
Axit benzoic	$C_6H_5CO_2H$	–	0,17	0,21	0,29	0,41	0,56	0,78	1,16	–	–	Trên 70°C sẽ có hai lớp chất lỏng
Muối Na	$Na(C_6H_5CO_2)$	–	62,8	–	–	–	–	63,4	–	–	74,2	
Axit xalixilic	$C_6H_4(OH)CO_2H$	–	0,090	–	0,22	(0,30)	0,39	(0,47)	0,55	–	–	
Muối Na	$Na[C_6H_4(OH)CO_2]$	$6H_2O$	27	45,1	103,2	–	–	–	–	–	–	
		KN	–	–	103,2	110,1	(117)	124	(131)	(147)	164,8	
o-Axit ftalic	$C_6H_4(CO_2H)_2$	–	–	–	0,6	–	1,2	–	2,55	6,15	18,3	20°C(103,2)
		Các hợp chất hữu cơ khác										193,3°C $t_{nc}(\infty)$
Rượu metylic	CH_3OH	Xem riêng bảng [39.205]										
Manit	$C_6H_{14}O_6$	–	10,05	–	18,5	25,2	35	48	64	115	197	
Đường sữa	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$1H_2O$	(16)	–	19	–	(23)	–	(28)	(34)	40	
Đường mía	$C_{12}H_{22}O_{11}$	–	179,2	190,5	203,9	219,5	238,1	260,4	287,3	362,1	487,2	
o-Pirocatexin	$C_6H_4(OH)_2$	–	(10)	(20)	45	95	170	270	410	640(7)	–	
m-Rezoxin	$C_6H_4(OH)_2$	–	70	100	140	195	265	360	500	1025	3046	100°C $t_{nc}(\infty)$
p-Hidroquinon	$C_6H_4(OH)_2$	–	(7)	–	7,2	–	(15)	–	(33)	(90)	205	109,4°C $t_{nc}(\infty)$
Quinhiđron	$C_6H_4O_2C_6H_4(OH)_2$	–	–	–	(0,34)	–	–	–	–	–	–	172,9°C $t_{nc}(\infty)$
Cacbon đisunfua lỏng	CS_2	–	0,258	0,239	0,217	0,195	–	–	–	–	–	
Xianamit	$CNNH_2$	Xem bảng riêng										
Piriđin	C_5H_5N	Xem bảng riêng										
Fomamit	CH_3ON	Xem bảng riêng										
Anilin lỏng	$C_6H_5NH_2$	–	(3,5)	–	3,7	3,8	4,0	4,3	4,7	5,7	7,5	
Ure	CH_4ON_2	–	67	84	104,7	135,3	165,3	205,0	246,0	400	733	
Axetamit	C_2H_5ON	–	137,9	–	225,8	–	408,8	–	1038	–	–	132,6°C $t_{nc}(\infty)$

Tiếp bảng L221

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Glicocol	$C_2H_5O_2N$	–	14,2	18,0	22,5	27,6	33,2	39,1	45,3	(57)	67,2	
D, L-Alanin	$C_3H_7O_2N$	–	12,1	13,8	15,7	17,9	20,3	23,1	24,3	(34)	44,0	
D-Alanin	$C_3H_7O_2N$	–	12,7	14,2	15,8	17,6	19,6	21,8	27,0	(30)	37,3	
L-Axit atpatic	$C_4H_7O_4N$	–	0,22	0,30	0,42	0,60	0,85	1,20	1,70	(3,2)	6,9	
D, L-Axit atpatic	$C_4H_7O_4N$	–	0,32	0,41	0,63	0,95	1,40	2,00	2,80	(5,4)	8,6	
Atparagin	$C_4H_8O_3N_2$	$1H_2O$	0,85	1,43	2,35	3,78	5,94	9,12	13,7	–	55,1	
Valin	$C_5H_{11}O_2N$	–	5,96	6,33	6,81	7,42	8,17	9,11	10,28	(13,6)	18,81	
D-Axit glutamic	$C_5H_9O_4N$	–	0,34	0,49	0,72	1,04	1,51	2,19	3,17	(6,4)	14,00	
D, L-Axit glutamic	$C_5H_9O_4N$	–	0,85	1,21	1,72	2,45	3,47	4,93	7,01	(12,6)	28,49	
Axit uric	$C_5H_4O_3N_4$	–	$2,0.10^{-3}$	$3,7.10^{-3}$	$6,0.10^{-3}$	$8,8.10^{-3}$	$12,2.10^{-3}$	$17,0.10^{-3}$	$23,0.10^{-3}$	$39,0.10^{-3}$	62.10^{-3}	
L, L-Leuxin	$C_6H_{13}O_2N$	–	0,80	0,86	0,94	1,05	1,20	1,41	1,68	(2,6)	4,21	
L-Leuxin	$C_6H_{13}O_2N$	–	2,27	2,30	2,37	2,49	2,66	2,89	3,19	(4,1)	5,64	
L, L-Izoleuxin	$C_6H_{13}O_2N$	–	1,83	1,95	2,12	2,35	2,65	3,03	3,54	(5,25)	7,80	
Tirozin	$C_9H_{11}O_3N$	–	0,020	0,027	0,038	0,054	0,075	0,105	0,147	(0,28)	0,565	
Axit pictic	$C_6H_3O_7N_3$	–	1,05	(1,1)	1,22	(1,5)	1,98	(2,5)	3,17	4,66	6,33	
Cafein	$C_8H_{10}O_2N_4$	$1H_2O$	0,6	0,8	1,46	2,28	4,64	6,75	9,7	19,2	–	
Tioure		Xem bảng riêng										
Axit sunfanilic	$C_6H_7O_3SN$	$1H_2O$	0,64	0,84	108	1,49	1,97	2,51	3,10	4,51	6,67	

Chú thích : ở cột "Ghi chú" cho biết nhiệt độ nóng chảy t_{nc}, nhiệt độ điểm ba (điểm chuyển) và độ hòa tan ứng với nhiệt độ (đặt trong dấu ngoặc), các số liệu trong dấu ngoặc là kết quả nội suy trong giới hạn rộng, với những hệ thống không bền vững thì gạch chân; *N*) số phân tử nước kết tinh trong pha rắn; KN) không ngậm nước; ∞) hòa tan vô hạn; 1) ở 25°C; 2) ở 90°C; 3) ở 103,5°C; 4) ở 35°C; 5) ở 18°C; 6) ở 26°C; 7) ở 70°C.

Bảng I.222. **Độ hòa tan của một số chất hữu cơ trong nước [39.204]**

(S, g chất khan trong 100 g dung môi nguyên chất (nước) hoặc % khối lượng)

t, °C	%	Pha rắn
	Axit fomic HCOOH	
0	0	nước đá
−10	23	
−20	39,2	
−40	62,5	
−49	70	HCOOH
−40	74,2	
−20	84,2	
−10	89,4	
0	95	
8,51	100	t_{nc}
	Axit axetic CH_3COOH	
0	0	nước đá
−10	28,5	
−20	49,2	
−26,7	60,0	CH_3COOH
−20	67,0	
−10	77,5	
0	87,0	
16,5	100	t_{nc}
	Axit limonic $H_2C_2O_4$ Các muối của kim loại đất hiếm và kim loại nặng	
25	$0{,}1.10^{-3}$	$Y_2(C_2O_4)_3 9H_2O$
25	$0{,}062.10^{-3}$	$La_2(C_2O_4)_3.10H_2O$
25	$0{,}2.10^{-3}$	$La_2(C_2O_4)_3$
25	$0{,}041.10^{-3}$	$Ce_2(C_2O_4)_3.10H_2O$
25	$0{,}074.10^{-3}$	$Pr_2(C_2O_4)_3.10H_2O$
25	$0{,}040.10^{-3}$	$Nd_2(C_2O_4)_3.10H_2O$
25	$0{,}054.10^{-3}$	$Sn_2(C_2O_4)_3.10H_2O$
25	$0{,}33.10^{-3}$	$Yb_2(C_2O_4)_3.10H_2O$
25	0,74	$UO_2(C_2O_4)3H_2O$
18	0,027	$Mn(C_2O_4)2H_2O$
18	0,054	$Mn(C_2O_4)_3H_2O$
18	$3{,}5.10^{-3}$	$Fe(C_2O_4)_2H_2O$
18	$2{,}11.10^{-3}$	$Cd(C_2O_4)2H_2O$
18	$2{,}11.10^{-3}$	$Cd(C_2O_4)2H_2O$
10	$2{,}6.10^{-3}$	$Ag_2(C_2O_4)$
20	$3{,}55.10^{-3}$	
30	$4{,}65.10^{-3}$	
25	$2{,}36.10^{-3}$	$Cu(C_2O_4).1/2H_2O$
20	$0{,}66.10^{-3}$	$Zn(C_2O_4)2H_2O$
30	$0{,}74.10^{-}$	

t, °C	S	Pha rắn
	Các muối của kim loại đất hiếm và kim loại nặng (tiếp theo)	
18	$5{,}0.10^{-3}$	$Cd(C_2O_4)3H_2O$
18	$3{,}3.10^{-3}$	$Cd(C_2O_4)$
22	$0{,}17.10^{-3}$	$Pb(C_2O_4)$
	Axit propinic C_2H_5COOH	
0	0	Nước đá
−5	(22)	
−10	50	
−15	67,5	
−20	79,5	
−25	86	
−29,4	87,6	$C_2H_5CO_2H$
−25	95	
−19,3	100	t_{nc}
	Rượu metylic	
0	0	Nước đá
−10	14,5	
−20	25,0	
−40	40,0	
−60	52,6	
−80	62,6	
−100	68,8	
−120	74,0	
−138,5	77,0	
−120	86,5	CH_3OH
−100	(98,1)	
−95,7	100	t_{nc}
	Xianamit $CNNH_2$	
−16,6	37,8	Nước đá
−10	45	$CNNH_2$
0	60,5	
10	72	
20	82	
30	90,5	
40	98	
42,9	100	t_{nc}
	Piridin C_5H_5N	
0	0	Nước đá
−10	58,5	
−20	68	
−40	78	
−60	84	
−65	85	

Tiếp bảng I.222

t, °C	S	Pha rắn
−60	87	$\overline{C_5H_5N}$
−50	92	
−40	97	
$\underline{-38}$	100	t_{nc}
	Fomamit CH_3ON	
0	0	Nước đá
−10	31	
−20	62	
−30	94	
$\underline{-45,4}$	187,8	$\overline{CH_3ON}$
−40	241,4	
−37,6	267	
−29,4	369,8	
−21,9	540,3	

t, °C	S	Pha rắn
	836,8	
−14,5	1780	
−6,4	∞	t_{nc}
$\underline{-5}$		
	Tioure CH_4SN_2	
0	4,6	
20	12,0	
40	23,1	
60	40,4	
80	57,8	
100	69	
120	80	–
140	89	
160	95,5	
$\underline{180}$	100	t_{nc}

Chú thích: ranh giới phân chia giữa hai pha rắn được biểu thị bằng gạch ngang ở cột thứ ba; nhiệt độ nóng chảy t_{nc}, nhiệt độ sôi t_s, nhiệt độ điểm ba t_{db} được gạch chân.

***Bảng I.223.* Độ hòa tan của đường mía trong nước và các dung dịch nước muối [39.206]**

Nhiệt độ t, °C	Nồng độ dung dịch muối C, g/100g nước	Độ hòa tan S, g đường /100 g nước				
		KCl	KBr	KNO_3	NaCl	$CaCl_2$
1	2	3	4	5	6	7
30	0	219,5	219,5	219,5	219,5	219,5
	10	210	218	217	210	197
	20	221	220	216	211	189
	30	228	224	216	219	192
	40	237	228	217	233	200
	50	–	–	218	250	218
	60	–	–	–	–	243
50	0	260,4	260,4	260,4	260,4	260,4
	10	261	262	260	255	239
	20	266	266	261	260	228
	30	274	272	262	269	228
	40	284	276	262	284	236
	50	296	280	263	302	253
	60	–	–	–	–	276

Tiếp bảng I.223

1	2	3	4	5	6	7
70	0	320,5	320,5	320,5	320,5	320,5
	10	326	324	321	323	295
	20	334	328	324	330	285
	30	345	334	327	344	286
	40	357	341	331	361	295
	50	370	349	334	384	308
	60	384	357	337	406	327

***Bảng I.224.* Độ hòa tan của đường mía trong hỗn hợp rượu - nước [39.27]**

Nồng độ rượu, % thể tích	Nhiệt độ, °C				
	0		14		40
	Khối lượng riêng ở 17,5°C	g/100ml dung dịch	Khối lượng riêng ở 17°C	g/100ml dung dịch	g/100 ml dung dịch
0	1,3248	85,8	1,3258	87,5	105,2
10	2991	79,4	3000	81,0	96,7
20	2360	73,4	2662	74,9	−89,7
30	2293	66,0	2327	67,7	83,3
40	1823	55,1	1848	58,4	74,9
50	1294	45,7	1305	47,1	63,6
60	1,0500	32,9	1,0582	33,9	50,0
70	0,9721	17,8	0,9746	18,7	31,4
80	8931	6,4	8953	6,7	13,1
90	8369	0,7	8376	0,9	2,3
97,4	8062	0,08	8082	0,36	0,5

***Bảng I.225.* Độ hòa tan của một số chất khí trong nước phụ thuộc nhiệt độ [29.260]**

Khí	Công thức	Đơn vị đo	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Axetilen	C_2H_2	α	1,73	1,31	1,03	0,840	-	-	-	-	-
		q	0,200	0,150	0,117	0,094	-	-	-	-	-
Cacbon đioxit	CO_2	α	1,71	1,19	0,878	0,665	0,530	0,436	0,359	-	-
		q	0,335	0,232	0,169	0,125	0,097	0,076	0,058	-	-
Cacbon oxit	CO	$\alpha.10^2$	3,54	2,82	2,32	2,000	1,78	1,62	1,49	1,43	1,41
		$q.10^3$	4,40	3,48	2,84	2,41	2,08	1,80	1,52	0,980	0
Clo	Cl_2	l	4,61	3,15	2,30	1,80	1,44	1,23	1,02	0,683	0
		q	1,46	0,997	0,729	0,572	0,459	0,393	0,329	0,223	0
Đihiđro sunfua	H_2S	α	4,67	3,40	2,58	2,04	1,660	1,39	1,19	0,917	0,81
		q	0,707	0,511	0,385	0,298	0,236	0,188	0,148	0,077	0

Tiếp bảng I.225

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Etan	C_2H_6	$\alpha.10^2$	9,87	6,56	4,72	3,62	2,92	2,46	2,18	1,83	1,72
		$q.10^2$	1,32	0,870	0,620	0,468	0,366	0,294	0,239	0,134	0
Etilen	C_2H_4	α	0,226	0,162	0,122	0,098	–	–	–	–	–
		q	0,0281	0,0200	0,0149	0,0118	–	–	–	–	–
Heli	He	$\alpha.10^2$	0,97	0,991	0,994	1,003	1,021	1,07	–	–	–
		$q.10^4$	–	1,75	1,74	1,72	1,70	1,69	–	–	–
Hidro	H_2	$\alpha.10^2$	2,17	1,98	1,82	1,72	1,66	1,63	1,62	1,60	1,60
		$q.10^4$	1,92	1,74	1,60	1,47	1,39	1,29	1,18	0,79	0
Hidro clorua	HCl	l	507	474	442	412	386	362	339		
		q	82,5	77,2	72,1	67,3	63,3	59,6	56,1		
Lưu huỳnh	SO_2	l	79,8	56,7	39,4	27,2	18,8				
dioxit (sunfuarơ)		q	22,8	16,2	11,3	7,80	5,41				
Metan	CH_4	$\alpha.10^2$	5,56	4,18	3,31	2,76	2,37	2,13	1,95	1,77	1,70
		$q.10^3$	3,95	2,96	2,32	1,90	1,59	1,36	1,14	0,695	0
Nitơ	N_2	$\alpha.10^2$	2,35	1,86	1,55	1,34	1,18	1,09	1,02	0,958	0,947
		$q.10^3$	2,94	2,31	1,89	1,62	1,39	1,21	10,5	0,660	0
Nitơ oxit	NO	$\alpha.10^2$	7,38	5,71	4,71	4,00	3,51	3,15	2,95	2,70	2,63
		$q.10^3$	9,83	7,56	6,17	5,17	4,39	3,76	3,24	1,98	0
Oxi	O_2	$\alpha.10^2$	4,89	3,80	3,10	2,61	2,31	2,09	1,95	1,76	1,70
		$q.10^3$	6,95	5,37	4,34	3,59	3,08	2,66	2,27	1,38	0
Radon	Rn	α	0,510	0,337	0,238	0,180	0,145	0,119	0,106	0,087	0,078

Chú thích: l - lượng thể tích khí hòa tan trong một thể tích nước khi áp suất chung (của cả khí và hơi nước) bằng 760 mmHg; α - hệ số hấp thụ - lượng thể tích khí (đã đưa về điều kiện 0°C và 760 mmHg) được hấp thụ bởi một thể tích nước khi áp suất riêng phần của khí bằng 760 mmHg; q - lượng khí tính bằng gam hòa tan trong 100 g nước khi áp suất chung (của khí và hơi nước) bằng 760 mmHg.

***Bảng I.226.* Độ hòa tan của nitơ N_2 trong nước phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất, khi áp suất riêng của khí là 760 mm Hg (S,cm^3/1g nước ở 0°C, 760 mmHg) [39.213]**

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C				Áp suất, at	Nhiệt độ, °C			
	25	50	75	100		25	50	75	100
25	0,348	0,273	0,254	0,266	300	3,061	2,534	2,413	2,546
50	0,674	0,533	0,494	0,516	500	4,441	3,720	3,583	3,799
100	1,264	1,011	0,946	0,986	800	6,134	5,220	5,062	5,365
200	2,257	1,830	1,732	1,822	1000	7,15	6,123	5,934	6,250

Bảng I.227. **Độ hòa tan của cacbon đioxit CO_2 trong nước phụ thuộc nhiệt độ và áp suất, khi áp suất riêng phần của khí là 760 mmHg (S, cm^3/1g nước ở 0^oC, 760 mm Hg) [39.213]**

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C			Áp suất, at	Nhiệt độ, °C	
	20	35	60		60	100
25	16,3	-	-	70	14,2	6,5
30	18,2	10,6	-	80	16,3	7,4
35	20,1	12,4	-	90	18,8	8,5
40	22,0	14,2	8,5	100	21,4	9,7
45	23,9	16,1	9,3	110	24,3	10,8
50	25,7	18,0	10,2	130	-	12,7
60	-	22,7	12,1	150	-	15,1

Bảng I.228. **Độ hòa tan của amoniac NH_3 trong nước phụ thuộc nhiệt độ và áp suất (g/100 g dung dịch) [39.213]**

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C							
	0	10	20	30	40	60	80	100
0,02	5,0	1,7	0,0	-	-	-	-	-
0,2	25,3	20,0	15,0	10,0	5,5	0,0	-	-
0,5	37,2	-	26,0	-	15,0	6,2	0,3	-
1,0	47,3	40,6	34,6	29,1	24,0	14,4	6,1	0
2,0	61,4	52,6	45,6	39,3	33,7	23,4	14,0	6,2
4,0	94,7	71,5	60,2	52,2	45,5	34,2	24,4	15,5
6,0	-	100(9,7°C)	74,6	62,0	54,0	41,9	31,4	22,0
8,0	-	-	94,6	73,5	62,0	47,5	36,4	26,7
10,0	-	-	100(25,3°C)	87,0	70,2	52,2	40,6	30,8

Bảng I.229. **Độ hòa tan của hiđro H_2 trong nước phụ thuộc nhiệt độ và áp suất khi áp suất riêng phần của khí là 760 mm Hg (*S, cm*^{3}/1g nước ở 0^oC, 760 mm Hg)**

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	0,536	0,487	0,450	0,426	0,413	0,407	0,405	0,409	0,420	0,439	0,462
50	1,068	0,969	0,895	0,848	0,822	0,809	0,810	0,817	0,879	0,872	0,912
75	1,601	1,453	1,341	1,271	1,232	1,212	1,211	1,224	1,254	1,298	1,355
100	2,130	1,932	1,785	1,689	1,638	1,612	1,610	1,628	1,667	1,727	1,805
150	3,168	2,872	2,649	2,508	2,432	2,395	2,393	2,422	2,485	2,576	2,681

Tiếp bảng I.229

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200	4,187	3,796	3,499	3,311	3,210	3,165	3,168	3,208	3,286	3,402	3,544
300	6,139	5,579	5,158	4,897	4,747	4,695	4,692	4,746	4,866	5,042	5,220
400	8,009	7,300	6,766	6,430	6,245	6,166	6,173	6,249	6,392	6,600	6,841
500	9,838	8,980	8,328	7,922	7,705	7,613	7,625	7,717	7,885	8,129	8,429
600	11,626	10,610	9,856	9,390	9,135	9,017	9,016	9,131	9,324	9,665	9,994
700	13,370	12,214	11,362	10,818	10,524	10,389	10,405	10,527	10,757	11,093	11,512
800	15,013	13,746	12,808	12,218	11,889	11,735	11,746	11,893	12,169	12,555	12,980
900	16,548	15,215	14,217	13,583	13,230	13,072	13,084	13,233	13,533	13,946	14,394
1000	18,001	16,623	15,592	14,928	14,569	14,404	14,407	14,557	14,867	15,303	15,775

Bảng I.230. **Độ hòa tan của một số chất khí trong các chất lỏng hữu cơ phụ thuộc vào nhiệt độ [39.222]**

Tên dung môi	$t, ^{o}C$	Các chất khí										
		Heli	Neron	Agon	Clo		Oxi		Hiđro		Nitơ	
		α	α	α	$t, ^{o}C$	α	$t, ^{o}C$	α	$t, ^{o}C$	α	$t, ^{o}C$	α
Axeton	15	0,0284	0,043	0,271	–	–	19	0,207	-81,9	0,0273	-78,1	0,0967
	18	0,0299	0,045	0,272	–	–	5	0,279	-40,6	0,0498	-60,3	0,1081
	20	0,0309	0,046	0,273	–	–	10	0,257	-20,9	0,0618	-20,2	0,1376
	25	0,0331	0,048	0,274	–	–	15	0,237	0,0	0,0783	0,0	0,1553
	30	–	–	0,276	–	–	20	0,216	20,9	0,0968	20,0	0,1747
	37	–	–	0,279	–	–	25	0,194	40,0	0,1131	41,1	0,1946
Benzen	15	0,0165	0,0254	0,220	–	–	19	0,163	7,0	0,0585	7,1	0,1063
	18	0,0174	0,0264	0,221	–	–	25	0,1905	22,9	0,0700	20,0	0,1162
	20	0,0180	0,0271	0,221	–	–	–	–	41,3	0,0844	40,0	0,1355
	25	0,0192	0,288	0,222	–	–	–	–	62,8	0,1051	60,0	0,1575
	30	0,0202	0,0306	0,222	–	–	–	–	–	–	–	–
	37	0,0221	0,0330	0,222	–	–	–	–	–	–	–	–
Cacbon tetraclorua	–	–	–	–	0	97,7	18	0,230	0,0	0,0650	-19,7	0,1256
	–	–	–	–	19	54,8	–	–	20,9	0,0794	0,0	0,1403
	–	–	–	–	40	34,2	–	–	59,0	0,1124	60,1	0,1953
Ete axetoaxetat	–	–	–	–	–	–	20	0,168	–	–	–	–
Rượu etylic	15	0,0268	0,0381	0,243	–	–	20	0,143	–	–	–	–
	18	0,0275	0,0394	0,242	–	–	–	–	–	–	–	–
	20	0,0281	0,0402	0,240	–	–	–	–	–	–	–	–
	25	0,0294	0,0417	0,237	–	–	–	–	–	–	–	–
	30	0,0306	0,0433	0,234	–	–	–	–	–	–	–	–
	37	0,0325	0,0442	0,231	–	–	–	–	–	–	–	–
Rượu metylic	15	0,0298	0,0413	0,253	–	–	19	0,175	–	–	–	–
	18	0,0307	0,0423	0,251	–	–	5	0,299	–	–	–	–
	20	0,0313	0,0430	0,250	–	–	10	0,280	–	–	–	–
	25	0,0328	0,0444	0,245	–	–	15	0,260	–	–	–	–
	30	0,0343	0,0459	0,243	–	–	20	0,237	–	–	–	–
	37	0,0364	0,0480	0,240	–	–	25	0,219	–	–	–	–
						–	30	0,194	–	–	–	–

Tiếp bảng I.230

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Xiclohexan	15	0,0220	0,0333	0,308	–	–	–	–	–	–	–	–
	18	0,0227	0,0345	0,307	–	–	–	–	–	–	–	–
	20	0,0236	0,0353	0,306	–	–	–	–	–	–	–	–
	25	0,0252	0,0373	0,305	–	–	–	–	–	–	–	–
	30	0,0268	0,0392	0,304	–	–	–	–	–	–	–	–
	37	0,0293	0,0419	0,303	–	–	–	–	–	–	–	–
Xiclohexanol	25	0,0100	0,0152	0,112	–	–	–	–	–	–	–	–
	30	0,0107	0,0161	0,113	–	–	–	–	–	–	–	–
	37	0,0117	0,0173	0,114	–	–	–	–	–	–	–	–
Xilen	–	–	–	–	–	–	16	0,169	–	–	–	–

Chú thích : α - hệ số hấp thụ là thể tích của khí (đưa về 0°C và 760 mmHg) được 1 đơn vị thể tích chất lỏng hấp thụ ở p riêng phần của khí là 760 mm Hg ; α' - độ hòa tan là tỉ số giữa nồng độ của khí trong chất lỏng và nồng độ của khí đó trong pha khí.

§8. Hệ số giãn dài và hệ số giãn nở thể tích [37.566]

1. Sự thay đổi tương đối về chiều dài của vật rắn và về thể tích của các chất rắn, lỏng và khí khi nhiệt độ tăng lên Δt được đặc trưng bởi:

hệ số giãn dài trung bình (cho trường hợp thứ nhất):

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{l_o} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{1}{l_o} \cdot \frac{l_t - l_o}{t - t_o}; \tag{I.66}$$

hay *hệ số giãn nở thể tích trung bình* (cho trường hợp sau)

$$\bar{\alpha}' = \frac{1}{V_o} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{1}{V_o} \cdot \frac{V_t - V_o}{t - t_o}; \tag{I.67}$$

trong đó l_1, l_o - chiều dài của vật thể ở nhiệt độ t và t_o; V_t, V_o - thể tích của vật rắn, chất lỏng hoặc khí ở nhiệt độ t và t_o.

2. Giá trị giới hạn của $\bar{\alpha}$ khi $\Delta t \to 0$ gọi là *hệ số giãn dài thực*

$$\alpha_t = \frac{1}{l} \cdot \frac{dl}{dt} \tag{I.68}$$

Giá trị giới hạn của $\bar{\alpha}'$ khi $\Delta t \to 0$ gọi là *hệ số giãn nở - thể tích thực*:

$$\bar{\alpha}'_t = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dt} \tag{I.69}$$

Thứ nguyên của hệ số giãn dài và hệ số giãn nở thể tích là 1/độ.

Dưới đây là số liệu về hệ số giãn dài và giãn nở thể tích của một số chất rắn, kim loại, hợp kim, một số chất lỏng và chất khí thường gặp.

Bảng I.231. **Sự giãn dài của một số kim loại và hợp kim [37.566]**

Trong bảng dưới đây cho giá trị của hệ số giãn dài ở nhiệt độ 20°C (α_{20}) và các hệ số của phương trình:

$$l_t = l_o(1 + at + bt^2) \quad (I.70)$$

Khoảng nhiệt độ áp dụng được phương trình này cho ở cột thứ ba.

Các ký hiệu của công thức như trên.

Tên kim loại, hợp kim	$\alpha_{20}.10^6$, độ$^{-1}$	t, °C	$a.10^5$	$b.10^6$
Antimon	9,76	11–98	0,923	1,32
Bạc	19,51	20–500	1,939	0,295
Cađimi	28,79	8–95	2,693	4,66
Chì	27,56	14–94	2,726	0,74
Crom	8,24	20–500	0,811	0,323
Đồng	16,23	0–625	1,6070	0,403
Đồng thanh:				
81,2%Cu + 8,6%Zn + 9,9%Sn	17,74	0–80	1,7552	0,469
96,0%Cu + 2,6%Zn + 0,6% Mn	16,92	16–100	1,678	0,36
Đồng thau:				
73,7%Cu + 24,2%Zn + 1,5%Sn	18,12	0–80	1,7939	0,456
56,4%Cu + 43,4%Zn	19,31	16–100	1,910	0,52
Gang	10,02	0–625	0,9794	0,566
Gang đúc	11,79	0–750	1,1575	0,530
Kẽm	28,35	9–96	2,741	2,34
Magiê	25,44	20–500	2,507	0,936
Molipđen	5,15	20–400	0,510	0,124
Nhôm	22,4	20–600	2,19	1,2
Niken	12,62	25-300	1,236	0,660
Platin	9,11	–183–+16	0,8911	0,491
Thép đúc	11,39	0–750	1,1181	0,526
Thiếc	21,38	8–95	2,033	2,63
Vàng	14,25	0–520	1,416	0,215

Bảng I.232. **Hệ số giãn dài của một số vật liệu rắn [37.567]**

Trong bảng này cho hệ số giãn dài trung bình $\overline{\alpha}$ của một số vật liệu trong khoảng nhiệt độ chỉ rõ ở cột thứ hai. Nếu ở cột nhiệt độ chỉ ghi một giá trị nhiệt độ nhất định thì tương ứng bên cột $\overline{\alpha}$ sẽ là giá trị thực của hệ số dãn dài $\overline{\alpha}_t$ ở nhiệt độ đó.

Vật liệu	Nhiệt độ, °C	$\alpha.10^6$, độ$^{-1}$	Vật liệu	Nhiệt độ, °C	$\alpha.10^6$, độ$^{-1}$
1	2	3	1	2	3
Bakelit	20–60	22	Đá vôi	25–100	9
Bauxit	25–100	4,4	Ebonit	25,3–35,4	84,2
Cacborun	25–100	6,58	Grafit	40	7,86
	100–900	4,74	Kim cương	40	1,18
Cao su	16,7–25,3	77,0	Muối mỏ	40	40,4
Cao su lưu hóa	0–18	63,60	Ngọc bích :		
Cát kết	20	7,12	trục song song	0–85	–1,35
Corundun nhân tạo	25–900	8,7	trục vuông góc	0–85	1,00
			Nước đá	–20÷–1	51

Tiếp bảng I.232

1	2	3
Parafin	0–16	106,62
	0–38	130,30
	38–49	477,07
Sáp trắng	10–26	230
Sứ	0	2,5
	20–790	4,13
Thạch anh:		
trục song song	1000–1400	4,21
	−190÷+16	7,97
trục vuông góc	0–80	13,37

1	2	3
Than khí (chưng)	40	5,40
Thủy tinh flin	50–60	7,88 8,1
Iena 16[III]	0–100	5,8 4,24
Iena 59[III]	0–100	8,97
	−191÷+16	9,54
	0–100	-0,26
màu cromat	50–60	0,57 0,58
	−191÷+16	
thạch anh	16–500	
	16–1000	

Bảng I.233. **Sự giãn nở thể tích của một số chất rắn [30.67]**

Trong bảng dưới đây cho giá trị trung bình của hệ số giãn nở thể tích C trong phương trình:

$$V_2 = V_1(1 + C\Delta t)$$

trong đó V_2 và V_1 - thể tích vật rắn ở nhiệt độ t_2 và t_1; $\Delta t = t_2 - t_1$ - chênh lệch nhiệt độ.

Nếu ở cột nhiệt độ chỉ ghi một giá trị nhiệt độ nhất định thì tương ứng bên cột hệ số C sẽ là giá trị thực của nó ở nhiệt độ đã cho.

Tên chất rắn	Nhiệt độ, °C	$C.10^4$, độ $^{-1}$
Antimon	0–109	0,3167
Axit xtearic	33,8–45,4	8,1
Bạc	0–100	0,5831
Berin	0–100	0,0105
Bitmut	0–100	0,3948
Cao su	20	4,87
Chì	0–100	0,8399
Đồng	0–100	0,4998
Kẽm	0–100	0,8928
Kim cương	40	0,0354
Lưu huỳnh	13,2–50,3	2,23
Muối mỏ	50–60	1,2120

Tên chất rắn	Nhiệt độ, °C	$C.10^4$, độ $^{-1}$
Natri	20	2,13
Nước đá	−20 ÷ −1	1,1250
Parafin	20	5,88
Platin	0–100	0,265
Sắt	0–100	0,3550
Thạch anh	0–100	0,3840
Thiếc	0–100	0,6839
Thủy tinh bo silicat (59[III])	20–100	0,156
Thủy tinh ống thường	0–100	0,276
Thủy tinh rắn	0–100	0,214
Thủy tinh thạch anh nguyên chất	0–80	0,0129
Vàng	0–100	0,4411

Bảng I.234. **Sự giãn nở thể tích của một số chất lỏng [37.568,30.66]**

Trong bảng này cho giá trị của hệ số giãn nở ở nhiệt độ 20°C α'_{20} và các hệ số của phương trình

$$V_t = V_o(1 + at + bt^2 + ct^3)$$

Khoảng nhiệt độ áp dụng được phương trình này cho ở cột thứ tư

Tên chất lỏng	Công thức	$\alpha'_{20}.10^{-3}$ độ$^{-1}$	t, °C	$a.10^3$	$b.10^6$	$c.10^8$
1	2	3	4	5	6	7
		Đơn chất và hợp chất				
Asen triclorua	$AsCl_3$	1,020	−15 ÷ +130	0,97907	0,96695	0,17772

Tiếp bảng I.234

1	2	3	4	5	6	7
Axit sunfuric	H_2SO_4	–	0–30	0,5758	–0,432	–
Brom	Br_2	1,113	–7÷+60	1,03819	1,711138	0,5447
Cacbon disunfua	CS_2	1,218	–34÷+60	1,13980	1,37065	1,91225
Nước	H_2O	0,207	0–33	0,06427	8,5053	–6,7900
Photpho oxiclorua	$POCl_3$	1,116	0–107	1,06431	1,12666	0,5299
Photpho tribromua	PBr_3	0,868	0–100	0,8472	0,43672	0,25276
Photpho triclorua	PCl_3	1,154	–36÷+75	1,12862	0,87288	1,79236
Silic tetraclorua	$SiCl_4$	1,430	–32÷+59	1,29412	2,18414	4,08642
Thiếc tetraclorua	$SnCl_4$	1,178	–19÷+113	1,1328	0,91171	0,75798
Thủy ngân	Hg	0,13186	0–100	0,18169041	0,002951266	0,0114562
			Các hợp chất hữu cơ			
Alyl bromua	$CH_2=CHCH_2Br$	1,241	0–69	1,2275	–0,44365	2,5843
Alyl clorua	$CH_2=CHCH_2Cl$	1,475	9–44	1,3218	5,078	–4,1915
Alyl iodua	$CH_2=CHCH_2I$	1,091	0–101	1,0539	0,63572	1,0036
Amyl bromua	$C_5H_{11}Br$	1,102	0–80	1,02321	1,90086	0,19756
Amyl clorua	$C_5H_{11}Cl$	1,208	0–100	1,17155	0,50077	1,35368
Amyl iodua	$C_5H_{11}I$	0,986	20–142	0,92658	1,4647	0,0596
Anilin	$C_6H_5NH_2$	0,858	0–141	0,82349	0,8408	0,10741
Axeton	$(CH_3)_2CO$	1,487	0–54	1,3240	3,8090	–1,87983
Axetonitril	CH_3CN	1,301	6–66	1,2118	1,7780	1,5322
Axit axetic	CH_3COOH	1,071	16–107	1,063	–1,2636	1,0876
Axit butiric	C_3H_7COOH	1,063	0–100	1,02573	0,83760	0,34694
Axit caproic	$C_5H_{11}COOH$	0,975	15–155	0,94413	0,68358	0,26586
Axit fomic	$HCOOH$	1,025	5–140	0,99269	0,62514	0,5965
Axit izobutiric	C_3H_7COOH	1,068	16–118	0,97625	2,3976	–0,32145
Axit oleic	$C_{17}H_{33}COOH$	0,721	–	0,68215	1,14053	–0,539
Axit propinic	C_2H_5COOH	1,102	0–133	1,0396	1,5487	0,04301
Benzen	C_6H_6	1,237	11–81	1,17626	1,27775	0,80648
Benzoyl clorua	C_6H_5COCl	0,880	12–46	0,85893	0,44219	0,27139
Cacbon tetraclorua	CCl_4	1,236	0–76	1,18384	0,89881	1,35135
Cloral	CCl_3CHO	0,934	13–51	0,9545	–2,2139	5,6392
Clorofom	$CHCl_3$	1,273	0–63	1,10715	4,66473	–1,74328
o-Crezol	$CH_3C_6H_4OH$	–	66–186	0,71072	1,1464	0,2242
m-Crezol	$CH_3C_6H_4OH$	–	65–194	0,77526	0,27102	0,3868
p-Crezol	$CH_3C_6H_4OH$	–	66–186	0,86476	0,53912	0,64418
Dầu hỏa ($\rho = 0,8467$)		0,955	24–120	0,8994	1,396	–
Đialyl	$(CH_2=CHCH_2)_2$	1,375	0–60	1,3423	–0,34339	3,8693
Đietylsunfua	$(C_2H_5)_2S$	1,278	0–90	1,19643	1,80653	0,78821
Đietylxetol	$(C_2H_5)_2CO$	1,233	0–95	1,15342	1,88396	0,32021
Đimetyl sunfua	$(CH_3)_2S$	1,082	0–111	1,01705	1,57606	0,19072
Ete						
amylaxetat	$CH_3COOC_5H_{11}$	1,162	0–124	1,1501	0,09046	1,3015
amylbenzoat	$C_6H_5COOC_5H_{11}$	0,848	0–198	0,81711	0,7377	0,10593

Tiếp bảng I.234

1	2	3	4	5	6	7
dầu mỏ	–	2,26	– 190 – 0	1,46	1,60	–
đialyl	$(CH_2=CHCH_2)_2O$	1,346	0,88	1,2519	2,2401	0,35775
đietyl	$(C_2H_5)_2O$	1,656	– 150 ÷ +38	1,51324	2,35918	4,00512
đietyloxalat	$(COOC_2H_5)_2$	1,136	0 – 141	1,06031	1,0983	2,6657
điizopropyl	$[(CH_3)_2CH]_2O$	1,452	0 – 67	1,2872	4,2923	– 0,58573
đipropyl	$(C_3H_7)_2O$	1,354	0 – 88	1,2132	3,9318	1,3644
etylaxetat	$CH_3COOC_2H_5$	1,398	– 36 ÷ +72	1,2585	2,95688	0,14922
etylbenzoat	$C_6H_5COOC_2H_5$	0,900	0 – 159	0,86606	0,8229	0,12084
etylfomiat	$HCOOC_2H_5$	1,417	0 – 63	0,36446	0,13538	3,9248
etylnitrat	$C_2H_5ONO_2$	1,299	9 – 72	1,1290	4,7915	– 1,8413
metylaxetat	CH_3COOCH_3	1,427	0 – 58	1,34982	0,87098	3,5562
metylfomiat	$HCOOCH_3$	1,563	0 – 10	0,35824	10,538	– 1,8085
metylpropionat	$C_2H_5COOCH_3$	1,304	0 – 74	1,3049	– 1,3275	4,6943
Etilen clorua	$C_2H_4Cl_2$	1,161	– 28 ÷ +84	1,11893	1,0469	0,10342
Etilenglicol	CH_2OHCH_2OH	0,6375	11 – 55	0,5657	1,7074	0,293
Etylbenzen	$C_6H_5C_2H_5$	0,961	24 – 131	0,86172	2,5344	-0,18319
Etyl bromua	C_2H_5Br	1,418	– 32 ÷ +54	1,33763	1,50135	1,6900
Etyl clorua	C_2H_5Cl	1,706	– 32 ÷ +26	1,57458	2,81366	1,56987
Etyl iodua	C_2H_5I	1,179	10 – 65	1,1520	0,26032	1,4181
Fenol	C_6H_5OH	–	36 – 157	0,8340	0,10732	0,4446
Glixerin	$CHOH(CH_2OH)_2$	0,505	–	0,4853	0,4895	–
Izohexan	$(CH_3)_2CHC_3H_7$	1,445	0 – 55	1,37022	0,97649	2,9819
Izopentan	$(CH_3)_2CHC_2H_5$	1,680	0 – 27	1,46834	5,09626	0,6979
Izopren	C_5H_8	1,567	0 – 33	1,4603	0,99793	5,60149
Izopropyl clorua	$(CH_3)_2CHCl$	1,591	0 – 34	1,3696	5,5287	–
Metyl bromua	CH_3Br	1,684	– 35 ÷ +28	1,41521	3,31528	11,3809
Metyletylxeton	$CH_3COC_2H_5$	1,315	0 – 76	1,18654	3,37043	– 0,53365
Metyl iodua	CH_3I	1,273	5 – 39	1,1440	4,0465	– 2,7393
Nitrobenzen	$C_6H_5NO_2$	–	144 – 164	0,8263	0,52249	0,13779
Pentan	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	1,656	– 190 ÷ +30	1,50697	3,435	0,975
Propyl clorua	C_3H_7Cl	1,447	0 – 42	1,3306	3,8313	– 1,3859
Propyl iodua	C_3H_7I	1,102	10-98	1,0276	1,8658	– 0,0051
Rượu:						
alylic	$CH_2=CHCH_2OH$	1,049	0 – 94	0,97019	1,8725	0,36452
amylic	$C_4H_9CH_2OH$	0,902	– 15 ÷ +80	0,9001	0,6573	1,18458
butylic	$C_3H_7CH_2OH$	0,950	6 – 108	0,83751	2,8634	– 0,12415
etylic	CH_3CH_2OH	–	0 – 39	0,7450	1,85	0,730
izopropylic	$(CH_3)_2CHOH$	1,094	0 – 83	1,04345	0,44303	2,7274
metylic	CH_3OH	1,259	– 38 ÷ +70	1,18557	1,56493	0,91113
propylic	$C_2H_5CH_2OH$	0,956	0 – 94	0,7743	4,9689	– 1,4069

Bảng I.235. **Hệ số giãn nở thể tích của nước [3.71,28.522]**

t, °C	$\alpha'.10^5$, độ$^{-1}$	t, °C	$\alpha'.10^5$, độ$^{-1}$	t, °C	$\alpha'.10^5$, độ$^{-1}$	t, °C	$\alpha'.10^5$, độ$^{-1}$
5	1,5	40	39	80	64	120	85
10	9	50	46	90	70	140	97
20	21	60	52	100	75	160	110
30	30	70	58				

Bảng I.236. **Hệ số giãn nở của các chất khí [30.64]**

Trong bảng dưới đây cho các giá trị hệ số giãn nở nhiệt của một số chất khí khi áp suất không đổi (α_p) và thể tích không đổi (α_v) trong phạm vi nhiệt độ 0–100°C. Giá trị thực của các hệ số này có thể xác định từ các biểu thức:

$$\alpha_p = (1/V_0).(dV/dt)_p$$

và $$\alpha_v = (1/P_0).(dP/dt)_v.$$

Chất khí	Áp suất ban đầu, mmHg	$\alpha_p.10^6$, độ$^{-1}$	Áp suất ban đầu, mmHg	$\alpha_v.10^6$, độ$^{-1}$	Chất khí	Áp suất ban đầu, mmHg	$\alpha_p.10^6$, độ$^{-1}$	Áp suất ban đầu, mmHg	$\alpha_v.10^6$, độ$^{-1}$
Agon	760	3672,4	517	3668	Không khí	760	3671,1	760	3671,6
	1000	3676	760	3672		1000	3674	1000	3675
	–	–	1000	3675	Kripton	862	3691,6	1000	3689,9
Amoniac	760	3790	760	3767,8		1000	3696,7		
Cacbon đioxit	760	3725	760	3711	Lưu huỳnh				
	–	–	1000	3726	đioxit	760	3880	760	3840
Cacbon oxit	760	3672	760	3673	Metan	760	3682	760	3679
Clo	760	3830	760	3673	Neon	760	3660,6	760	3662,8
Đinitơ oxit	760	3732	760	3719		1007	3660,2	1362,8	3662,3
Etilen	760	3735	760	3722	Nitơ	760	3671	760	3672
Heli	760	3659,1	760	3661,3		994	3673,4	994	3674
	994	3657,9	1000	3660,7	Oxi	760	3674	760	3673
Hiđro	760	3660,3	760	3662,7	-	1000	3673,3	1000	3675,7
	1095	3659,0	1000	3662,6	Xenon	1000	3739,5	1000	3720
Hiđro clorua	760	3734	760	3721	Xianogen				
					(đixianogen)	760	3870	760	3830

§9. Hệ số chịu nén của chất lỏng và chất khí

1. Độ giảm thể tích của vật chất khi bị nén từ mọi phía dưới tác dụng của lực áp suất thủy tĩnh gọi là *độ chịu nén*. Độ chịu nén được đặc trưng bằng hệ số chịu nén.

2. *Hệ số chịu nén trung bình* $\overline{\beta}$ của khí (lỏng) trong khoảng áp suất từ p_1 đến p_2 được xác định theo công thức [37.545]

$$\overline{\beta} = -\frac{V_2 - V_1}{p_2 - p_1} \cdot \frac{1}{V_1} = -\frac{\Delta V}{\Delta p} \cdot \frac{1}{V_1}; \qquad (I.71)$$

trong đó V_1, V_2 - thể tích của khí (hoặc lỏng) ở áp suất p_1 và p_2.

Hệ số chịu nén thường được biểu diễn bằng các đơn vị N^{-1}, at^{-1}; $mmHg^{-1}$.

3. *Hệ số chịu nén thực* của khí (lỏng) là giới hạn của $\overline{\beta}$ khi Δp tiến đến không:

$$\beta = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp}. \qquad (I.72)$$

Nếu quá trình nén ép xảy ra ở nhiệt độ không đổi, ta có *hệ số chịu nén đẳng nhiệt:*

$$\beta_t = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_t \qquad (I.73)$$

Nếu quá trình nén ép là đoạn nhiệt, nghĩa là không trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài, ta có *hệ số chịu nén đoạn nhiệt*:

$$\beta_đ = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_{\delta Q=0} \qquad (I.74)$$

Quan hệ giữa β_t và $\beta_đ$ như sau:

$$\beta t = \beta_đ \frac{C_p}{C_v} \quad; \qquad (I.75)$$

trong đó C_p và C_v - tương ứng là nhiệt dung riêng đẳng áp và đẳng tích của khí (lỏng).

Bảng I.237. **Hệ số chịu nén đẳng nhiệt trung bình của nước ($\overline{\beta}_t \cdot 10^6$, at^{-1}) [37.558]**

Khoảng áp suất $P_1 - P_2$, at	Nhiệt độ, °C												
	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1–25	52,5	–	50,0	–	49,1	–	–	–	–	–	–	–	–
25–50	51,6	–	49,2	–	47,6	–	–	–	–	–	–	–	–
1–100	51,1	49,3	48,3	47,3	46,8	46,0	44,9	44,9	45,5	46,2	–	47,8	–
100–200	49,2	47,5	46,1	45,1	44,2	43,6	42,9	42,5	42,7	43,9	–	46,8	80,7
200–300	48,0	46,2	45,3	44,3	43,4	42,2	41,4	41,3	41,5	42,5	43,6	45,9	76,9
300–400	46,6	44,9	44,1	43,3	42,4	41,3	40,7	40,2	40,6	41,1	42,2	44,6	73,1
400–500	45,5	44,4	43,0	42,2	41,5	40,6	40,4	39,9	39,4	39,8	40,8	43,4	68,2
500–600	43,8	43,0	41,8	41,1	40,4	39,2	39,0	39,0	38,8	39,1	39,9	41,6	66,0
600–700	42,9	40,9	40,5	39,8	39,4	38,2	38,2	37,7	38,3	38,0	38,7	40,7	62,7
700–800	41,8	40,7	39,8	39,0	38,8	37,5	37,4	37,1	36,9	37,4	37,8	38,9	61,3
800–900	40,6	39,3	38,9	38,0	37,3	36,8	36,2	36,2	36,3	36,6	36,8	38,2	58,9
900–1000	–	–	–	36,8	36,5	36,0	35,3	35,3	36,0	36,1	36,2	37,1	56,5

Bảng I.238. **Hệ số chịu nén đẳng nhiệt trung bình của các chất lỏng [37.559]**

Tên chất lỏng	Công thức	Khoảng áp suất $p_1 - p_2$, at	Nhiệt độ, °C	$\bar{\beta}_t \cdot 10^6$, at^{-1}
1	2	3	4	5
		Đơn chất và hợp chất vô cơ		
Axit sunfuric	H_2SO_4	1-16	0	302,5
Brom	Br_2	0-98,7	20	63,5
		98,7-197,4	20	58,4
		197,4-296	20	54,6
		296-395	20	52,1
		395-494	20	49,9
Cacbon dioxit	CO_2	60	13	1740
		70	13	960
		80	13	660
		90	13	440
Cacbon disunfua	CS_2	1-2	20	80,95
		1-500	0	66
		500-1000	0	53
		1000-1500	0	43
		1500-2000	0	37
		2000-2500	0	33
Clo	Cl_2	9,9-98,7	20	118
		98,7-197,4	20	110
		197,4-296	20	102
		296-396	20	90,7
		396-494	20	84,5
Photpho triclorua	PCl_3	1-500	10,1	72
		500-1000	10,1	54
		1000-1500	10,1	45
		1500-2000	10,1	38
		2000-2500	10,1	33
		Các hợp chất hữu cơ		
Anilin	$C_6H_5NH_2$	85,5	25	43,2
		181,5	25	40,5
		281,5	25	38,3
		390	25	36,1
Axeton	$(CH_3)_2CO$	1-500	0	82
		500-1000	0	59
		1000-1500	0	47
		1500-2000	0	40
		8,9-36,5	14,2	111
		8,9-36,5	99,5	276
Axit axetic	CH_3COOH	92,5	25	81,4
		218,5	25	72,6
		494	25	57,1
Axit caproic	$C_5H_{11}COOH$	20-400	30	68
		20-100	65	90
		20-200	100	109
Axit panmitic	$C_{15}H_{31}COOH$	20-100	65	90
		20-300	185	134
		20-400	310	220

Tiếp bảng I.238

1	2	3	4	5
Benzen	C_6H_6	0,4–18	12,9	87
		1–4	15,4	87
		2–18	34,9	100
		4,5–19	99,9	190
		98,7–296	20	78,7
		296–494	20	67,5
Bromofom	$CHBr_3$	0–98,7	20	51,0
		98,7–197,4	20	47,5
		197,4–296	20	44,0
		296–395	20	42,0
		395–494	20	41,0
Cacbon tetraclorua	CCl_4	1–5,25	10	70
		0–98,7	20	91,6
		98,7–197,4	20	89,9
		197,4–296	20	83,5
		296–395	20	75,5
		395–494	20	69,9
		542,5	20	62,5
		664	20	55,0
Clorofom	$CHCl_3$	1-2	0	87,27
		0-98,7	20	94,9
		98,7–197,4	20	98,8
		197,4–296,1	20	80,1
		296,1–395	20	72,9
		395–494	20	67,8
		1–2	60	139,13
		8–9	100	211
		19–34	100	206
Cumol(izopropylbenzen)	$C_6H_5CH(CH_3)_2$	98,7–296	20	71,3
		296–494	20	61,2
Decan	$CH_3(CH_2)_8CH_3$	0–1	23	105
Difenylamin	$(C_6H_5)_2NH$	0–500	65	57
		0–300	100	64
		0–100	185	110
Ete butylbenzoat	$C_6H_5COOC_4H_9$	1–5,25	10	59
Ete butylbutirat	$C_3H_7COOC_4H_9$	1–5,25	10	90
Ete butylvalerat	$C_4H_9COOC_4H_9$	1–5,25	10	82
Ete dietyl	$(C_2H_5)_2O$	1000	100,8	34,5
		100	0	125,7
		200	0	112,2
		500	0	84,5
		1000	0	63,5
		1–8	8,1	163,8
		0,4–17,5	12,2	163
		8,43–25,4	13,5	169

Tiếp bảng I.238

1	2	3	4	5
		2 – 19	34,8	207
		1 – 2000	35	42,5
		8,6 – 34,3	63	293
		8,6 – 34,3	78,5	363
		8,6 – 36,5	99	530
		100 – 200	185	741
		100 – 400	185	478
Ete etylaxetat	$CH_3COOC_2H_5$	8,12 – 37,45	13,3	104
		8,13 – 37,15	99,6	250
Ete metylaxetat	CH_3COOCH_3	8,10 – 37,53	14,3	97
Ete metylbutirat	$C_3H_7COOCH_3$	1 – 5,25	10	89
Ete metylvalerat	$C_4H_9COOCH_3$	1 – 5,25	10	91
Etilen bromua	$C_2H_4Br_2$	1 – 5,25	10	55,8
		1 – 5,25	64	76,6
Etyl clorua	$C_2H_4Cl_2$	1 – 5,25	10	67,7
		1 – 5,25	75	111,1
Etyl bromua	C_2H_5Br	1 – 500	10,1	90
		500 – 100	10,1	63
		1000 – 1500	10,1	50
		2000 – 2500	10,1	36
		1 – 18,5	13,7	113,4
Etyl clorua	C_2H_5Cl	1 – 500	0	103
		500 – 1000	0	69
		1000 – 1500	0	55
		2000 – 2500	0	39
		8,7 – 37,22	15,2	153
		12,77 – 34,47	99	495
Etyl iodua	C_2H_5I	1 – 500	10,6	74
		500 – 1000	10,6	56
		1000 – 1500	10,6	46
		1500 – 2000	10,6	38
		2000 – 2500	10,6	34
Fenyl clorua	C_6H_5Cl	0,4 – 18	13,3	67
		0,4 – 18	35	77
		1 – 2	80	108,4
		0,4 – 18	100	127
Fenyl florua	C_6H_5F	1 – 18,5	13,9	87,7
Giả cumol (1,2,4-trimetylbenzen)	$C_6H_3(CH_3)_3$	98,7 – 29,6	20	65,2
		296 – 494	20	56,9
Glixêrin	$CHOH(CH_2OH)_2$	1 – 10	14,8	22,1
Heptan	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	0 – 1	23	134
Hexan	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	0 – 1	23	159
Mezitilen (1,3,5-trimetylbenzen)	$C_6H_3(CH_3)_3$	98,7 – 296	20	68,4

Tiếp bảng I.238

1	2	3	4	5
		296– 494	20	59,1
Nitrobenzen	$C_6H_5NO_2$	86,5	25	46,1
		192	25	43,0
		303	25	40,1
		419	25	38,1
Octan	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	0 – 1	23	121
Parafin (t_{nc} = 55°C)		20 – 100	64	83
		20 – 400	100	24
		20 – 400	185	137
		20 – 400	310	236
Pentan	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	1 – 29	0	174
		1 – 29	20	242
		0	0	175,9
		484	0	94,6
		967	0	68,9
Propylbenzen	$C_6H_5C_3H_7$	98,7 – 296	20	70,7
		296 – 494	20	61,0
Rượu alylic	CH_2 = $CHCH_2OH$	1 – 500	9,6	69
		500 – 1000	9,6	51
		1000 – 1500	9,6	43
		1500 – 2000	9,6	36
Rượu amylic	$C_4H_9CH_2OH$	8	17,7	90,5
		8,5 – 37,12	13,8	88,2
Rượu butylic	$CH_3(CH_2)_2CH_2OH$	8	17,95	98
		8	17,4	90
Rượu etylic	CH_3CH_2OH	1 – 50	0	96
		100 – 200	0	85
		300 – 400	0	73
		500 – 600	0	64
		600 – 700	0	60
		900 – 1000	0	52
		1 – 50	20	112
		50 – 100	20	102
		100 – 200	20	95
		200 – 300	20	86
		300 – 400	20	80
		400 – 500	20	73
		500 – 600	20	69
		150 – 400	28	81
		1 – 50	40	125
		150 – 400	65	100
		150 – 400	100	132
		150 – 400	185	245
		150 – 400	310	1530

Tiếp bảng I.238

1	2	3	4	5
Rượu izopropylic	$(CH_3)_2CHOH$	8	5,6	89,5
		8	17,85	103
Rượu metylic	CH_3OH	1 – 500	0	79,4
		500 – 1000	0	58,3
		1000 – 1500	0	47
		1500 – 2000	0	40
		2000 – 2500	0	29
		8,5 – 37,1	14,7	104
		8,7 – 37,3	100	221
Rượu propylic	$C_2H_5CH_2OH$	1 – 500	0	69
		500 – 1000	0	52
		1000 – 1500	0	42
		2500 – 3000	0	27
Timol(5-metyl-2-izopropylfenol)	C_3H_7 C_6H_3OH CH_3	20 – 100	64	69
		20 – 400	64	66
		20 – 400	100	80
		20 – 400	310	268
Toluen	$C_6H_5CH_3$	1 – 5,25	10	79
		1 – 5,25	66	114
		1 – 2	20	91,47
		114,5	25	80,6
		230,5	25	70,3
		355	25	62,1
p-Toluiđin	$CH_3C_6H_4NH_2$	1 – 150	45	51,2
		20 – 100	28	56
		20 – 400	100	77
		20 – 400	185	112
		20 – 400	310	243

Bảng I.239. **Hệ số chịu nén đẳng nhiệt của một số chất lỏng (không có trong bảng I.238) [30.74]**

Tên chất lỏng	Nhiệt độ, °C	Áp suất $p.10^{-5}$, N/m²	$\beta_i.10^{11}$, $(N/m^2)^{-1}$
1	2	3	4
Axeton	14	23	111
	20	500	61
	20	1000	52
	40	12000	9
Axit nitric	0	17	32
Benzen	17	5	89
	20	200	77
	20	400	67
Cacbon đisunfua	16	21	86

Tiếp bảng I.239

1	2	3	4
	20	500	57
	20	1000	48
	20	12000	6
Clorofom	20	200	83
	20	400	70
Dầu cải dầu	20	–	59
Dầu hỏa	20	500	55
	20	1000	45
	20	12000	8
Dầu khoáng	15	5	53
Dầu lanh	15	5	51
Dầu oliu	15	5	55
Dầu thầu dầu	15	5	46
Đicloetyl sunfua	32	1000	34
	32	2000	24
Ete etyl	25	23	188
	20	500	84
	20	1000	61
	20	12000	10
Etylaxetat	13	23	103
	20	200	90
Etyl bromua	20	200	100
	20	400	82
	20	500	70
	20	1000	54
	20	12000	8
Etyl clorua	15	23	151
	20	500	102
	20	1000	66
	20	12000	8
	20	200	81
Etyl iođua	20	400	69
	20	500	64
	20	1000	50
	20	12000	8
Heli	30	300	3,97
Nước	20	13	49
	20	200	49
	20	400	41
	20	500	39
	40	500	38
	40	1000	33

Tiếp bảng I.239

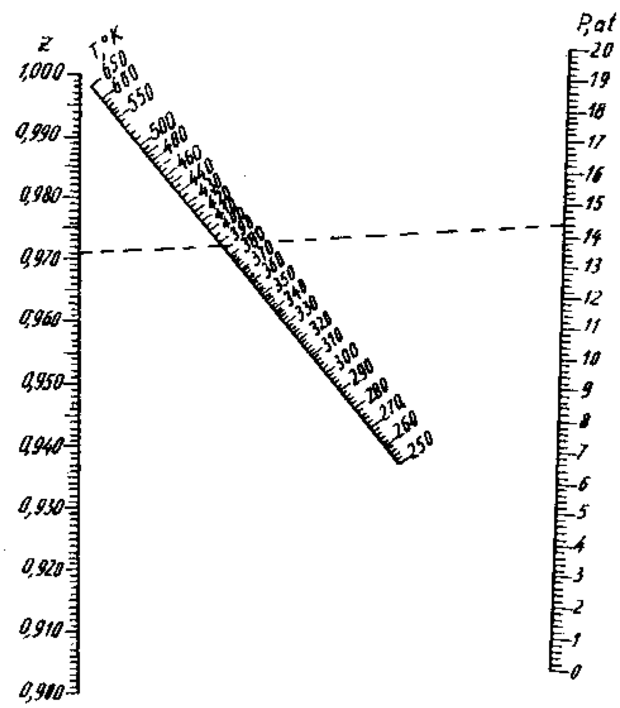
1	2	3	4
	40	12000	9
Photpho triclorua	10	250	71
	20	500	63
	20	1000	47
	20	12000	8
Rượu amylic	14	23	88
	20	500	61
	20	1000	46
	20	12000	8
	40	12000	8
Rượu etylic	14	23	100
	20	500	63
	20	1000	54
	20	12000	8
Rượu izoamylic	20	200	84
	20	400	70
Rượu izobutylic	18	8	97
	20	200	81
	20	400	64
	20	500	56
	20	1000	46
	20	12000	8
Rượu metylic	15	23	103
	20	200	95
	20	400	80
	20	500	65
	20	1000	54
	20	12000	8
Rượu propylic	20	200	77
	20	400	67
	20	500	65
	20	1000	47
	20	12000	7
Thủy ngân	20	300	3,95
	22	500	3,97
	22	1000	3,91
	22	12000	2,37
Toluen	20	200	74
	20	400	64
m-Xilen	20	200	69
	20	400	60

Bảng I.240. **Hệ số chịu nén đoạn nhiệt và khối lượng riêng (ở 0°C và 760 mm Hg) của một số chất khí và hơi (đơn chất và hợp chất vô cơ) [37.564]**

Tên chất khí, hơi	Công thức	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Hệ số chịu nén đoạn nhiệt $\beta_d \cdot 10^6$, 1/mmHg
Agon	Ar	1,7837	− 1,3
Amoniac	NH_3	0,7710	− 20,3
Asen hiđrua	AsH_3	3,484	− 1,8
Bo triflorua	BF_3	2,99	–
Cacbon đioxit	CO_2	1,9769	− 9,2
Cacbon oxisunfua	COS	2,72	− 2
Cacbon oxit	CO	1,2504	− 0,6
Clo	Cl_2	3,214	0,573
Đihiđro sunfua	H_2S	1,539	− 13,7
Đinitơ oxit	N_2O	1,9778	− 9,5
Flo	F_2	1,696	–
Gecmani hexahiđrua	Ge_2H_6	6,74	–
Gecmani tetrahiđrua	GeH_4	3,420	–
Heli	He	0,17847	0,7
Hiđro bromua	HBr	3,6445	− 15
Hiđro clorua	HCl	1,6391	− 9,8
Hiđro iođua	HI	5,7891	− 24
Hiđro photphua	PH_3	1,5294	− 12,7
Hiđro selenua	H_2Se	3,680	–
Hiđro telurua	H_2Te	5,81	–
Hơi nước	H_2O	0,768	− 45,9
Không khí khô	–	1,2929	− 0,8
Kripton	Kr	3,708	–
Lưu huỳnh đioxit	SO_2	2,9269	− 2
Lưu huỳnh hexaflorua	SF_6	6,50	–
Neon	Ne	0,90035	0,6
Nitơ	N_2	1,25055	− 0,6
Nitơ khí quyển	N_2 với tạp chất Ar	1,2568	− 0,6
Nitơ oxit	NO	1,3402	− 1,5
Nitrozit clorua	NOCl	2,992	− 40
Nitrozit florua	NOF	2,176	–
Oxi	O_2	1,42895	–
Ozon	O_3	2,144	− 60
Photpho oxiflorua	POF_3	4,8	–
Photpho pentaflorua	PF_5	5,81	–
Photpho triflorua	PF_5	3,907	–
Rađon	Rn	9,73	–
Silic, các silan dẫn xuất:			
closilan	SiH_3Cl	3,03	–
dimetylsilan	$SiH_2(CH_3)_2$	2,73	–
disilan	Si_2H_6	2,85	–
metylclosilan	SiH_2ClCH_3	364	–
metyldiclosilan	$SiHCl_2CH_3$	5,3	–
metylsilan	SiH_3CH_3	2,08	–
monosilan	SiH_4	1,44	–
tetraflosilan	SiF_4	4,684	–
triflosilan	$SiHF_3$	3,86	–
Xenon	Xe	5,851	− 9,1

Bảng I.241. **Hệ số chịu nén đoạn nhiệt và khối lượng riêng (ở 0°C và 760 mm Hg) của một số chất khí và hơi (các hợp chất hữu cơ) [37.565]**

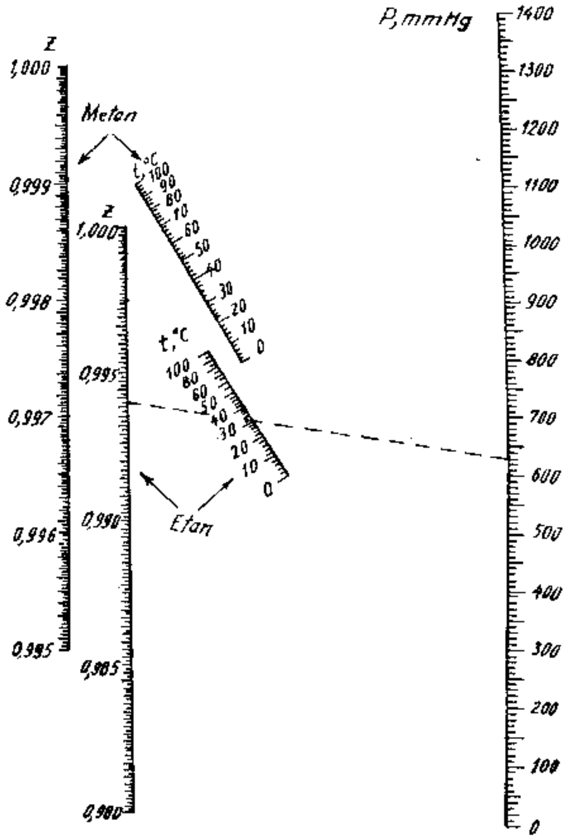
Tên chất khí, hơi	Công thức	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Hệ số chịu nén đoạn nhiệt $\beta_d.10^6$, 1/mm Hg
Axetilen	C_2H_2	1,1709	−11,8
Butan	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	2,703	−54,0
Clorofom	$CHCl_3$	5,283	−100
Điflođiclometan(freon-12)	CF_2Cl_2	5,510	−35,6
Đimetylamin	$(CH_3)_2NH$	1,966	−
Etan	C_2H_6	1,356	−15,5
Ete đimetyl	$(CH_3)_2O$	2,1098	−
Etilen	C_2H_4	1,2604	−10,5
Etylamin	$C_2H_5NH_2$	2,0141	−
Heptan	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	4,459	−120
Izobutan	$CH_3CH(CH_3)_2$	2,673	−37,6
Metan	CH_4	0,7168	−2,9
Metylamin	CH_3NH_2	1,396	−
Metyl clorua	CH_3Cl	2,3076	−32,4
Metyl florua	CH_3F	1,5452	−29
Octan	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	5,030	−102
Pentan	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	3,457	−242
Propan	$CH_3CH_2CH_3$	2,0096	−31,2
Propilen	$CH_3CH{=}CH_2$	1,915	−26,4
Rượu butylic	$C_3H_7CH_2OH$	3,244	−92
Rượu etylic	CH_3CH_2OH	2,043	−114
Rượu metylic	CH_3OH	1,426	−120



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị của nhiệt độ và áp suất kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số chịu nén *Z*. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của *Z* ($Z = pV/RT$) cần tìm.

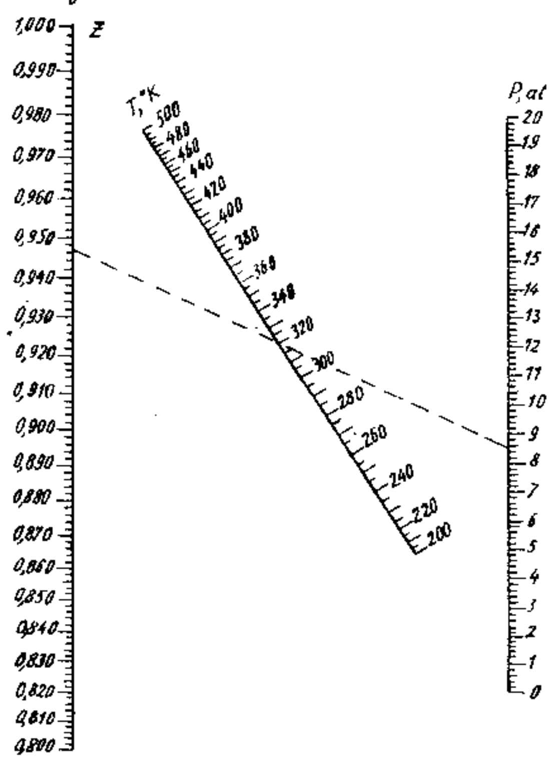
Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.68. **Toán đồ để xác định hệ số chịu nén của khí cacbon đioxit (CO_2) [49.225]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của áp suất và nhiệt độ kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số chịu nén Z của metan và etan. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của Z cần tìm.

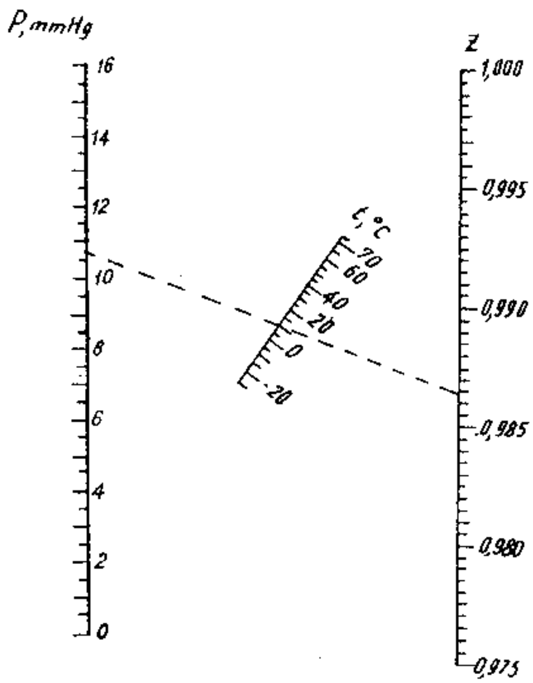
Hình I.69. **Toán đồ để xác định hệ số chịu nén của metan và etan [49.233]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và áp suất kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số chịu nén Z. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của Z cần tìm.

Toán đồ được xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

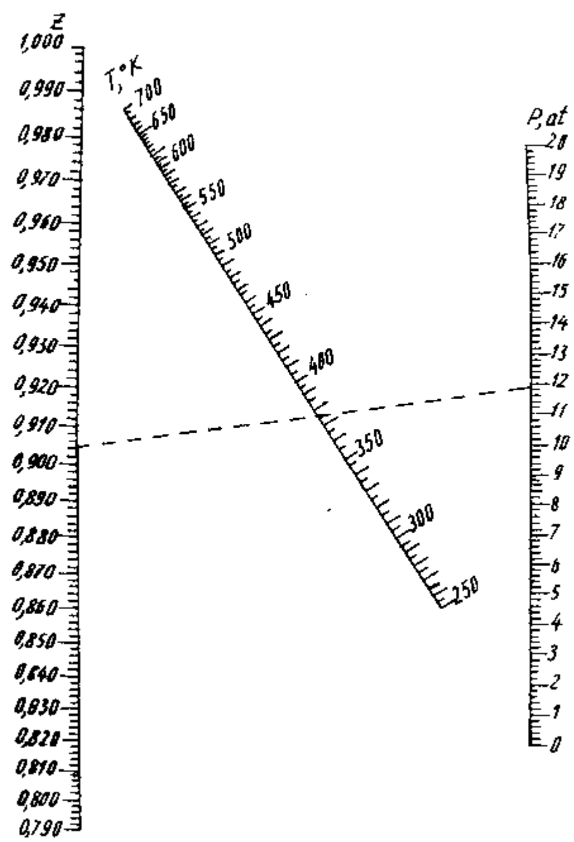
Hình I.70. **Toán đồ để xác định hệ số chịu nén của etan [49.227]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và áp suất kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số chịu nén Z. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của Z cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

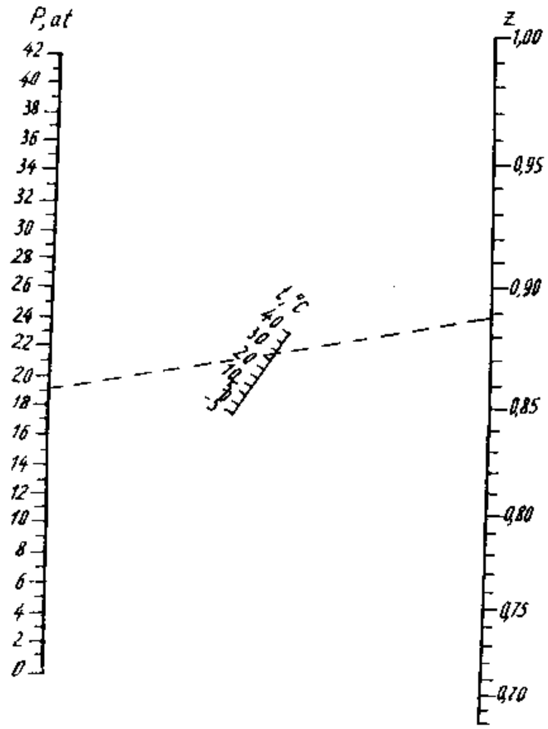
Hình I.71. **Toán đồ để xác định hệ số chịu nén của etan ở áp suất thấp [49.226]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của áp suất và nhiệt độ kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số chịu nén Z của propan. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của Z cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.72. **Toán đồ để xác định hệ số chịu nén của propan [49.231]**



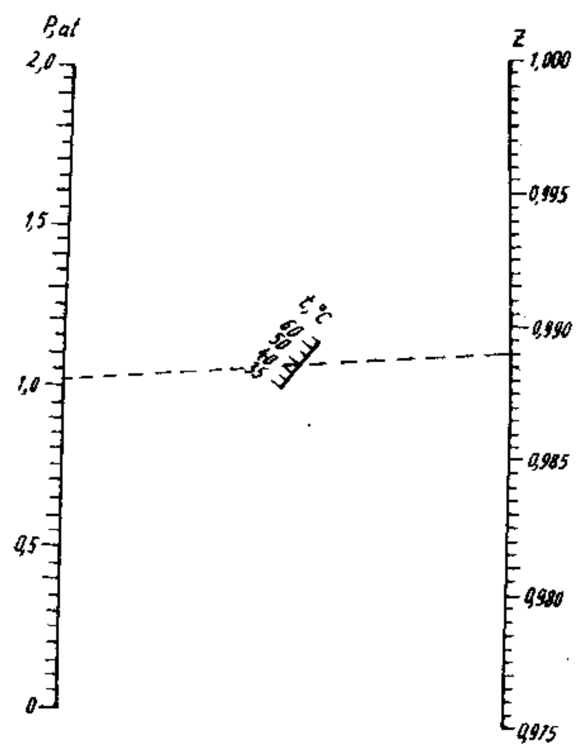
Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của áp suất và nhiệt độ kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số chịu nén Z. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của Z cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

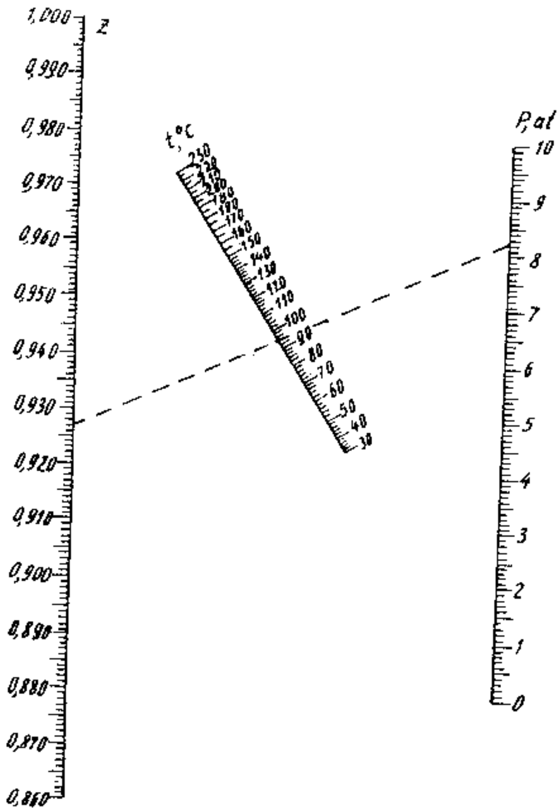
***Hình I.73.* Toán đồ để xác định hệ số chịu nén của etilen [49.229]**

Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của áp suất và nhiệt độ kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số chịu nén Z. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của Z cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.



***Hình I.74.* Toán đồ để xác định hệ số chịu nén của propilen [49.232]**



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với giá trị đã cho của áp suất và nhiệt độ kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang hệ số chịu nén *Z*. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của *Z* cần tìm.

Hình I.75. **Toán đồ để xác định hệ số chịu nén của metyl clorua [49.239]**

§10. Sức căng bề mặt

1. *Sức căng bề mặt* σ là công cần thiết để tạo ra một đơn vị bề mặt hay còn gọi là năng lượng tự do của một đơn vị bề mặt.

a) Đơn vị chính để đo sức căng bề mặt là *Niutơn trên mét.*

Thứ nguyên:

- của sức căng bề mặt $[\sigma] = \dfrac{[F][L]}{[S]} = MT^{-2}$;

- của *Niutơn trên mét* N/m = kgs^{-2}

b) Đơn vị phụ: nếu công tính bằng *éc* và diện tích tính bằng *centimét vuông* thì ta có đơn vị để đo sức căng bề mặt của hệ CGS là *éc/cm*^{2} = đyn/cm.

Nếu công tính bằng *kgl.mét* và diện tích tính bằng *mét vuông* thì ta có đơn vị để đo sức căng bề mặt của hệ kỹ thuật MKS là *kilôgam lực-mét/mét vuông*, ký hiệu là $kgl.m/m_2$ = kgl/m.

c) Quan hệ giữa đơn vị chính và đơn vị phụ:

$$1\frac{\text{N}}{\text{m}} = 10^3\frac{\text{đyn}}{\text{cm}} = \frac{1}{9{,}81}\frac{\text{kgl}}{\text{m}}$$

2. Sức căng bề mặt của hỗn hợp tính theo công thức sau:

$$1/\sigma_{hh} = 1/\sigma_1 + 1/\sigma_2; \qquad (I.76)$$

trong đó σ_1, σ_2 - sức căng bề mặt của các cấu tử thành phần.

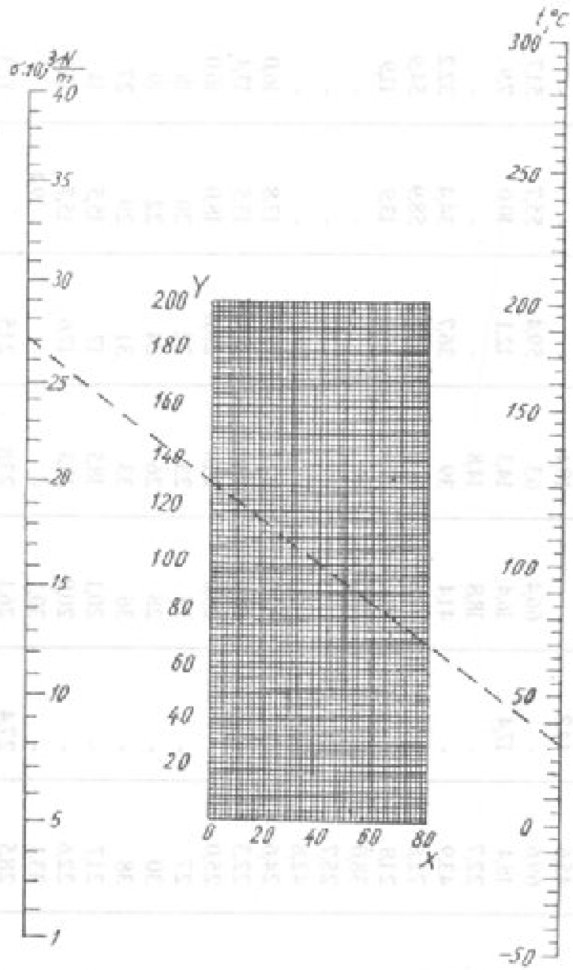
Chú ý: Sức căng bề mặt trên bề mặt phân chia giữa hai chất lỏng không tan lẫn gọi là *sức căng mặt ngăn cách.*

Bảng I.242. **Sức căng bề mặt của một số chất lỏng và dung dịch phụ thuộc vào nhiệt độ ($\sigma.10^3$, N/m) [26.96]**

Chất	Nhiệt độ, °C								
	−20	0	20	30	40	60	80	100	120
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amoniac lỏng	38	27	21,2	-	16,8	12,8	-	-	-
Anhi đrit axetic	-	-	32,65	31,22	30,05	-	-	-	-
Anilin	-	45,4	43,3	42,2	41,2	39,4	36,0	33,7	31,4
Axetofenol	-	-	38,2	-	-	-	-	-	-
Axeton	28,7	26,2	23,7	22,0	21,2	18,6	16,2	13,8	11,4
Axetonitril	-	-	29,1	27,8	-	-	-	-	-
Axit axetic 50%	-	43	40	-	37	33	30	27	24
" 100 %	-	29,7	27,8	26,9	25,8	23,8	21,8	19,8	18
Axit clohiđric 30%	-	72,6	69,8	-	66,6	63,2	59,6	55,9	51,9
Axit fomic	-	39,8	37,6	-	35,5	33,3	31,2	29	26,8
Axit nitric 100%	48,3	44,8	41,4	-	38,2	35,2	32,4	29,8	27,4
" 50 %	-	68,2	65,4	-	62,2	58,8	55,2	51,5	47,5
Axit sunfuric 98%	-	55,9	55,1	-	54,3	53,7	53,1	52,5	51,9
" 92%	63	61,9	60,9	-	60,9	60,3	59,7	59,1	58,5
" 75%	74,1	73,6	73,1	-	72,6	72,1	71,6	71,1	70,6
" 60%	77,3	76,7	76,1	-	75,4	74,5	73,6	72,7	71,8
Benzen	-	30,2	29,0	27,6	26,3	23,7	21,3	18,8	16,4
Cacbon disunfua	38,3	35,3	32,3	30,8	29,4	26,5	23,6	20,7	17,8
Cacbon tetraclorua	31	29,4	25,7	25,5	24,4	22,4	19,6	17,3	15,1
Clobenzen	38,4	36	33,2	32,0	31,1	28,8	26,5	24,1	21,8
Clorofom	32,8	30	27,1	25,9	24,4	21,7	19,0	16,3	13,6
Dung dịch nước - amoniac 25%	-	65,7	62,9	-	59,7	56,3	52,7	49	45
Dung dịch nước - canxi clorua 20%	89,4	86,6	83,8	-	80,6	77,2	73,6	69,9	65,9
Dung dịch nước - natri hiđroxit 50%	-	-	130	-	130	129	129	128	128
" 40%	-	-	108	-	108	107	107	106	106

Tiếp bảng I.242

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dung dịch nước - natri hiđroxit 30%	-	-	97	-	96,4	95,8	95,3	94,4	93,6
" 20%	-	-	85,8	-	85	84,7	83,2	81,3	79,6
" 10%	-	-	77,3	-	76,1	75	73	70,7	69
Dung dịch nước - natri clorua 20%	-	82,6	79,8	-	76,6	73,2	69,6	65,9	61,9
Đicloetan	37,8	35	32,2	-	29,5	26,7	24	21,3	18,6
Ete đietyl	-	-	16,5	15,3	14,1	-	-	-	-
Ete etyl	22	19,5	17	-	14,6	12,4	10,2	8	6,1
Ete metylfomiat	-	-	24,6	23,1	-	-	-	-	-
Etylaxetat	29,5	26,9	24,3	-	21,7	19,2	16,8	14,4	12,1
Fenol	-	43,1	40,9	-	38,8	36,6	34,4	32,2	30
Fenyl bromua	-	-	35,1	-	-	-	-	-	-
Fenyl hiđrazin	-	-	45,6	44,3	-	10,4	-	-	-
Glixerin 50%	-	72,4	69,6	-	66,4	63	59,4	55,7	51,7
Hexan	22,6	20,5	18,4	17,4	16,4	14,3	12,1	10,0	7,9
Lưu huỳnh oxit lỏng	31	26,8	22,7	-	18,8	14,8	-	-	-
Nitrobenzen	-	46,4	43,9	-	41,4	39	36,7	34,4	32,2
Nước	-	75,6	72,8	-	69,6	66,2	62,6	58,9	54,9
Octan	25,8	23,8	21,8	-	19,8	17,9	15,9	13,9	11,9
Piriđin	-	-	38,0	-	35,0	-	-	-	-
Rượu alylic	-	-	25,7	24,9	-	-	-	-	-
Rượu benzylic	-	-	42,8	38,9	-	-	-	-	-
Rượu butylic	28	26,2	24,6	-	22,9	21,2	19,5	17,8	16,0
Rượu etylic 100%	25,7	24	22,3	-	20,6	19,0	17,3	15,5	13,4
" 80%	-	26	25,0	-	23,0	21,0	20,0	18,0	16,0
" 60%	-	28	27	-	25	23	22	20	18
" 40%	-	32	30	-	28	26	24	22	19
" 20%	-	40	38	-	36	33	31	29	27
Rượu izopropylic	24,7	23,2	21,7	-	20,1	18,5	17	15,5	14
Rượu metylic 100%	26,6	24,5	22,6	-	20,9	19,3	17,6	15,7	13,6
Tiofen	-	-	33,1	-	30,1	-	-	- 19,4	-
Toluen	33	30,9	28,5	27,4	26,1	23,8	21,5		17,3



Cách dùng. Qua điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ và điểm ứng với tọa độ của chất cần xác định sức căng bề mặt (xem bảng dưới đây) kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang sức căng bề mặt σ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của σ cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.76. **Toán đồ để xác định sức căng bề mặt của một số chất lỏng [49.209]**

Bảng dùng cho toán đồ hình I.76

Chất lỏng	Tọa độ điểm X	Tọa độ điểm Y	Chất lỏng	Tọa độ điểm X	Tọa độ điểm Y
1	2	3	1	2	3
Amoniac	56,2	63,5	Etylamin	11,2	83
Anetol	13	158,1	Etylaxetat	27,5	92,4
Anhiđrit axetic	25	129	Etylaxetoaxetat	21	132
Anilin	22,9	171,8	Etybenzen	22	118
Anizol ($C_6H_5OCH_3$)	24,4	138,9	Etylbenzoat	14,8	151
Axetal	19	88	Etyl bromua	31,6	1
Axetamit	17	192,5	Etylbutirat	17,5	102
Axetanđihit	33	78	Etylfomiat	30,5	88,8
Axetofenol	18	163	Etyl iođua	28	113,2
Axeton	28	91	Etylizobutirat	20,9	93,7
Axetonitril	33,5	111	Etylmecaptan	35	81

Bảng dùng cho toán đồ hình 1.76

Chất lỏng	Tọa độ điểm		Chất lỏng	Tọa độ điểm	
	X	Y		X	Y
1	2	3	1	2	3
Axit axetic	17,1	116,5	Etylpropionat	22,6	97
Axit butiric	14,5	115	Fenetol	20	134,2
Axit izobutiric	14,8	107,4	Trifenylmetan	12,5	182,7
Axit propinic	17	112	Trimetylamin	21	57,6
Axit xianhiđric	30,6	66	Tripanmitin	2	151
Benzen	30	110	Fenol	20	168
Benzonitril	19,5	159	Izoamylaxetat	16,4	103,1
Benzylamin	25	156	Izobutylaxetat	16	97,2
Butironitril	20,3	113	Izopropyltoluen	12,8	121,2
Cacbon đisunfua	35,8	117,2	Metylamin	42	58
Cacbon tetraclorua	26	104,5	Metylaxetat	34	90
Clo	45,5	59,2	Metylbutirat	24	93,8
Clobenzen	23,5	132,5	Metyl clorua	45,8	53,2
p-Clobrombenzen	14	162	Metyletylxeton	23,6	97
Cloral	30	113	Metylfomiat	38,5	88
Clorofom	32	101,3	Metylpropionat	29	95
Clotoluen	18,7	134	Mezitelen	17	119,8
o-Crezol	20	161	Naftalen	22,5	165
m-Crezol	13	161,2	Nitroetan	25,4	126,1
p-Crezol	11,5	160,5	Nitrometan	30	139
Đicloetan	32	120	Nitrozil clorua	38,5	93
Đietylanilin	17	142,6	Octan	17,7	90
Đietyloxalat	20,5	130,8	Paranđehit	22,3	103,8
Đietylsunfat	19,5	139,5	Photpho oxiclorua	26	125,2
Đietylxeton	20	101	Piperiđin	24,7	120
Đimetylamin	16	66	Piriđin	34	138,2
Đimetylanilin	20	149	Propionitril	23	108,6
Đimetylsunfat	23,5	158	Propylamin	25,5	87,2
Đinitơ oxit	62,5	0,5	Propylaxetat	23	97
Ete đietyl	27,5	64	Propylfomiat	24	97
Ete đimetyl	44	37	Quinolin	19,5	183
Etilen oxit	42	83	Rượu alylic	12	111,5
Rượu butyric	9,6	107,5	Tiofen	35	121
Rượu etylic	10	97	Toluen	24	113
Rượu izoamylic	6	106,8	Trietylamin	20,1	83,9
Rượu izobutylic	5	103	Xiclohexan	42	86,7
Rượu metylic	17	93	*m*-Xilen	20,5	118
Rượu propylic	8,2	105,2	*p*-Xilen	19	117

Bảng I.243. **Sức căng bề mặt của nước trên mặt ngăn cách với không khí [37.1010]**

Nhiệt độ, °C	$\sigma.10^3$,N/m	Nhiệt độ, °C	$\sigma.10^3$,N/m	Nhiệt độ, °C	$\sigma.10^3$,N/m
1	2	3	4	5	6
-10	77,10	16	73,34	30	71,15
-5	76,40	17	73,20	35	70,35
0	75,62	18	73,05	40	69,55
5	74,90	19	72,89	45	68,73
6	74,76	20	72,75	50	67,90
7	74,62	21	72,60	60	66,17
8	74,48	22	72,44	70	64,41
9	74,34	23	72,28	80	62,60
10	74,20	24	72,12	90	60,74
11	74,07	25	71,96	100	58,84
12	73,92	26	71,80	110	56,89
13	73,78	27	71,64	120	54,89
14	73,64	28	71,47	130	52,84
15	73,48	29	71,31		

Bảng I.244. **Sức căng bề mặt giữa nước với các chất lỏng hữu cơ trên bề mặt ngăn cách (σ . 10^{-3}, N/m) [3.123]**

Chất	Nhiệt độ, °C						
	0	10	18	20	25	30	40
1	2	3	4	5	6	7	8
Anđehit heptilic	10,78	12,51	–	13,74	–	14,41	14,82
Anhiđrit axetic	–	–	–	–	–	3,6	–
Anilin	–	–	–	–	4,8	6,00	–
Axetofenol	–	–	–	–	12,08	–	–
Axit heptilic	8,34	7,93	–	7,54	–	7,13	7,0
Benzen	–	35,56	–	34,96	34,7	34,34	33,84
Benzyl clorua	–	–	–	–	27,1	–	–
Cacbon đisunfua	–	–	49,3	38,3	47,95	46,31	–
Cacbon tetraclorua	46,97	45,27	–	45,05	–	44,04	43,04
Clobenzen	–	–	–	–	37,93	37,15	–
Clorofom	–	32,17	33,3	27,7	–	31,4	–
Crezol	–	–	–	–	–	4,28	–
Dầu hỏa	–	–	–	48,3	–	45,0	–
Dầu oliu	–	–	–	18,2	–	–	–
Đimetylanilin	–	–	–	–	25,57	–	–
Ete amylaxetat	–	–	–	–	–	10,8	–
Ete etyl	–	10,19	10,6	9,7	–	11,13	–
Ete etylaxetat	–	–	–	–	–	6,27	–
Ete etylcaproat	21,03	21,42	–	21,29	–	21,15	21,02
Etilen bromua	–	38,28	–	37,20	–	36,08	35,03

Tiếp bảng I.244

1	2	3	4	5	6	7	8
Fufurol	–	–	–	–	–	5,13	–
Heptan	–	–	–	–	50,39	–	–
Hexan	–	35,56	–	34,96	34,7	34,34	33,84
Nitrobenzen	–	–	24,7	–	–	24,10	–
Octan	–	51,01	–	50,81	–	–	49,58
Rượu amylic	–	–	4,8	–	–	4,86	–
Rượu butylic	–	–	–	1,58	–	–	–
Rượu izoamylic	–	–	4,42	5,4	–	–	–
Rượu izobutylic	–	–	1,76	–	–	–	–
Rượu octylic	7,75	–	–	8,5	–	8,97	9,32
	8,44	8,80	–	9,24	–	9,65	10,04
Toluen	–	–	–	–	36,06	34,6	–
Xilen	–	–	–	–	–	36,4	–

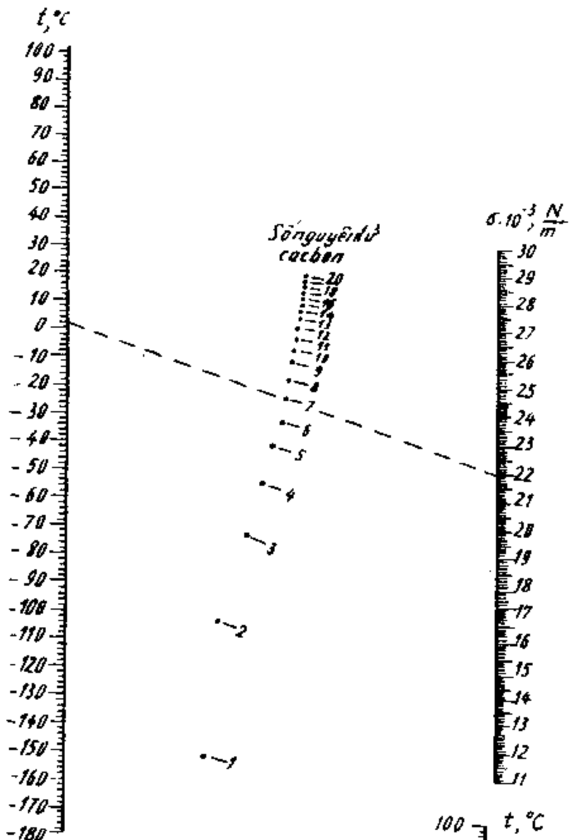
Bảng I.245. **Sức căng bề mặt của một số dung dịch các chất vô cơ trong nước trên mặt giới hạn với không khí ẩm [3.121, 39.424]**

Chất	Nhiệt độ, °C	Nồng độ, % khối lượng					
		1	5	10	20	50	75
		$\sigma.10^3$, N/m					
HCl	20	72,92	72,46	72,25	71,44	–	–
H_2SO_4	18	–	–	74,1	75,2	73,3	72,86
HNO_3	20	–	–	72,65	71,1	65,43	–
LiCl	18	73,2	74,75	–	–	–	–
LiBr	18	72,95	73,6	74,45	–	–	–
Li_2SO_4	18	73,1	75,27	–	–	–	–
$LiNO_3$	18	73	74,05	–	–	–	–
NaOH	20	73,17	74,6	77,3	85,8	–	–
NaCl	18	72,7	73,95	75,51	–	–	–
$NaClO_3$	18	72,31	72,6	72,95	–	–	–
NaBr	18	72,95	73,6	74,4	–	–	–
Na_2SO_4	18	72,75	73,82	75,15	–	–	–
$NaNO_3$	30	71,4	72,1	72,8	74,4	79,8	–
KCl	18	72,4	73,6	74,75	77,25	–	–
KBr	18	72,85	73,25	73,9	75,25	–	–
K_2SO_4	18	72,95	73,6	–	–	–	–
KNO_2	20	72,95	73,6	74,35	76,0	81,7	94,6
KNO_3	18	72,7	73	73,6	75	–	–
K_2CO_3	10	74,6	75,8	77,0	79,2	106,4	–
NH_4OH	18	71,65	66,5	63,5	59,3	–	–
NH_4Cl	18	72,6	73,3	74,5	–	–	–
NH_4NO_3	100	58,75	59,2	60,1	61,6	67,5	65,2
$MgCl_2$	18	72,75	73,8	–	–	–	–
$MgSO_4$	18	73,1	73,75	74,25	77,6	–	–
$CaCl_2$	18	72,72	73,7	–	–	–	–
$SrCl_2$	30	72,2	72,6	73,27	75,5	–	–
$BaCl_2$	30	71,2	74,35	74,5	–	–	–
$Al_2(SO_4)_3$	18	73,6	74,5	–	–	–	–
$MnSO_4$	15	73,31	73,65	74,85	–	–	–
$FeSO_4$	18	73,6	73,62	73,9	–	–	–
$CuSO_4$	30	71,25	71,8	72,37	73,5	75	–

Bảng I.246. **Sức căng bề mặt của một số dung dịch các hợp chất vô cơ trong dung môi hữu cơ trên mặt ngăn cách với không khí ($\sigma \cdot 10^3$, N/m) [3.125, 39.426]**

Chất hòa tan	Nhiệt độ, °C	Dung môi													
		Rượu metylic		Axit fomic		Rượu etylic		Rượu propylic		Axeton		Rượu izoamylic		Piridin	
		% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ
I_2	23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,54	24,26	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,18	24,56	–	–
H_3BO_3	12	2,67	24,44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		8,35	25,88	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
LiCl	20-21	2,15	23,10	(14°) 0,50	37,83	2,29	23,10	–	–	–	–	–	–	2,83	36,32
		6,70	25,12	7,12	41,23	9,38	24,07	–	–	–	–	–	–	6,19	36,69
LiBr	13-14	1,94	24,08	1,44	39,17	0,95	23,08	–	–	1,12	24,22	–	–	1,70	37,50
		14,23	31,50	10,23	44,08	5,17	23,91	–	–	4,37	24,73	–	–	3,74	38,09
LiI	14	0,53	23,50	0,99	39,03	1,43	23,11	–	–	1,56	24,53	–	–	2,33	37,75
		12,68	30,81	6,20	42,28	26,92	31,95	–	–	6,22	25,33	–	–	8,35	39,68
NaCl	13-14	–	–	0,78	38,80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		–	–	2,93	39,73	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
NaBr	13-14	1,11	23,71	1,93	39,17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		3,63	24,85	5,75	41,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
NaI	13-14	(22°) 0,76	22,83	1,90	39,42	(24°) 0,45	22,47	(24°) 2,32	24,00	0,93	24,22	(22°) 3,81	24,15	1,96	37,59
		12,53	29,75	7,25	42,61	10,46	25,07	8,81	24,98	6,53	25,12	6,26	24,22	4,39	38,21
KCl	13-14	–	–	0,88	39,03	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		–	–	7,70	41,78	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
KBr	12-13	–	–	1,14	39,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
				5,09	40,98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
KI	14	0,81	23,76	(13°) 1,17	39,06	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		2,68	27,71	5,97	41,86	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$CaCl_2$	24	(17°) 0,43	23,09	(14°) 0,30	38,31	0,94	22,62	1,17	23,87	–	–	(22°) 0,00	24,06	–	–
		4,63	25,76	4,06	40,51	7,47	23,97	4,55	24,28	–	–	4,54	24,21	–	–
$CoCl_2$	17	0,89	23,37	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		7,40	27,23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$ZnCl_2$	22	0,90	22,97	–	–	(24°) 0,41	22,71	(24°) 0,83	23,96	–	–	0,00	24,06	–	–
		5,07	25,84	–	–	6,90	25,49	5,50	25,32	–	–	3,15	24,16	–	–
$CdCl_2$	17,5	1,32	23,12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		12,71	28,13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$HgCl_2$	21	0,94	23,27	–	–	2,83	23,31	–	–	–	–	–	–	–	–
		3,89	24,40	–	–	4,88	23,59	–	–	–	–	–	–	–	–
HgI_2	14,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,57	38,47
		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,72	38,

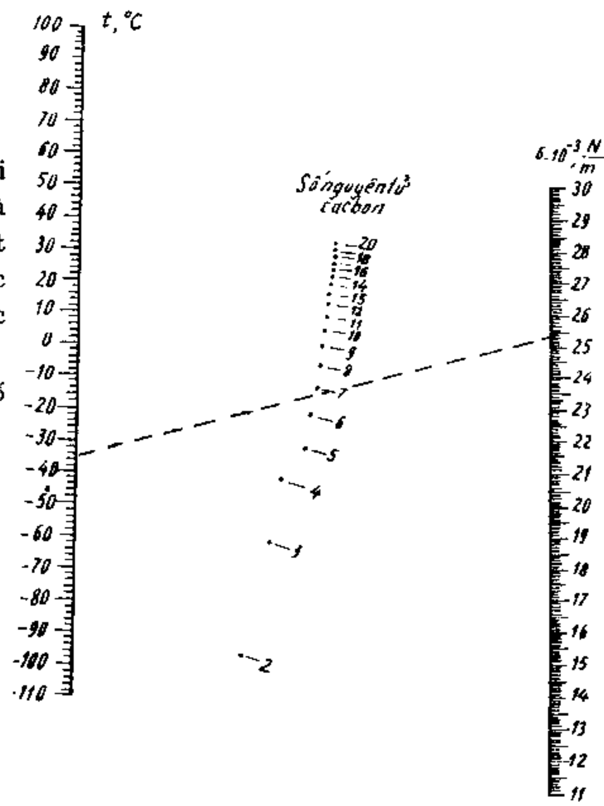
Chú thích: ở các cột lượng chất hòa tan biểu thị bằng "% mol"; các trị số nhiệt độ ghi trong ngoặc đơn đặt trước số liệu khác với nhiệt độ ở cột thứ hai.



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với số nguyên tử cacbon trong phân tử và giá trị đã cho của nhiệt độ, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang sức căng bề mặt σ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của σ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.77. Toán đồ để xác định sức căng bề mặt của các chất thuộc dẫy ancan [49.213]



Cách dùng. Qua hai điểm ứng với số nguyên tử cacbon trong phân tử và giá trị đã cho của nhiệt độ, kẻ một đường thẳng và kéo dài đến thang sức căng bề mặt σ. Giao điểm nhận được sẽ cho giá trị của σ phải tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.78. Toán đồ để xác định sức căng bề mặt của các chất thuộc dẫy anken (olefin) [49.214]

Bảng I.247. **Sức căng bề mặt của một số dung dịch các chất hữu cơ trong nước trên mặt giới hạn với không khí ẩm ($\sigma .10^3$, N/m) [3.127, 39.425]**

Tên chất	Nhiệt độ, °C	Nồng độ, mol/l							
		0,0078	0,0156	0,0312	0,0625	0,125	0,250	0,50	1,00
Anilin	15	–	–	–	68,3	61,5	–	–	–
Axeton	15	–	–	69,8	68,5	66,6	63,6	59,4	54,1
Axit:									
axetic	15	–	–	–	70,0	68,9	66,8	63,3	59,2
butiric	15	69,8	68,6	65,8	58,8	55,1	47,9	40,1	32,4
caproic	20	59,8	52,6	42,7	–	–	–	–	–
heptilic	20	45,2	–	–	–	–	–	–	–
izovalerianic	15	66,9	63,3	57,5	50,7	43,1	35,0	–	–
propinic	15	–	70,4	69,3	67,5	64,4	60,1	54,1	47,3
Crezol	21	69,6	67	62	55,2	47,3	–	–	–
Đietylxeton	16	70,6	68,4	65,2	60,8	55,5	48,6	–	–
Ete:									
đietylpropionat	15	66,8	63,3	58,9	53,2	45,5	–	–	–
etylaxetat	15	69,6	68,0	65,1	61,5	56,2	49,7	41,5	–
metylaxetat	15	–	–	69,1	67,3	64,3	60,0	54,1	46,2
propylaxetat	15	66,4	62,5	57,7	51,4	43,6	–	–	–
propylpropionat	15	61,2	55,8	49,1	–	–	–	–	–
Fenol	20	65,1	58,2	48,5	43,3	–	–	–	–
Hiđroquinon	12	–	71,6	70,6	–	–	–	–	–
Metyletylxeton	19	71,0	70,3	68,5	65,5	62,0	57,3	50,3	43,0
Pirocatexin	12	–	68,7	65,2	–	–	–	–	–
Rượu:									
butylic	16–17	69,3	67,0	64,2	58,3	52,5	44,6	35,3	–
etylic	18	69,4	68,1	65,2	59,4	–	–	–	–
izoamylic	18	67,4	62,2	55,1	–	–	–	–	–
izobutylic	18	–	69,8	66,6	60,9	54,2	–	–	–
metylic	18	–	–	–	–	–	70,23	68,4	65,1
propylic	15	–	–	68,9	66,8	63,3	57,7	50,5	42,4

Bảng I.248. **Sức căng bề mặt của các dung dịch hợp chất hữu cơ trong dung môi hữu cơ trên mặt ngăn cách với không khí ($\sigma.10^3$, N/m) [3.126, 39.428]**

Chất hòa tan	Nhiệt độ, °C	Dung môi													
		Rượu metylic		Rượu etylic		Axit axetic		Rượu butylic		Rượu izoamylic		Benzen		Piridin	
		% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ	% mol	σ
		0,00	23,01	0,00	22,72	0,00	27,57	0,00	24,92	0,00	24,38	0,00	29,29	0,00	37,88
Dung		1,53	23,20	2,31	22,95	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
môi		7,65	24,08	11,03	23,95	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Axetamit	20	(12°C)													
Axit	20	1,39	23,73	0,44	22,81	–	–	1,81	25,23	2,27	24,74	–	–	–	–
benzoic	20	11,16	26,77	9,77	24,66	–	–	11,31	26,52	14,17	25,94	–	–	–	–
Axit	13	0,53	23,40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
picric	12	2,18	24,12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Axit	20	0,80	23,65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
oxalic		12,0	28,28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Naftalen												(15°C)		(14,5°C)	
		0,71	23,25	0,77	22,96	1,06	27,64	1,27	25,05	1,71	24,62	1,51	29,41	2,94	38,02
		1,54	23,52	3,22	23,31	4,70	28,11	4,65	25,35	5,39	24,80	12,27	30,10	12,9	38,37

Chú thích: ở cột lượng chất hòa tan biểu thị bằng (% mol); các trị số nhiệt độ ghi trong ngoặc đơn đặt trước số liệu khác với nhiệt độ ở cột thứ hai.

§11. Tính chất lý hóa của một số chất ở áp suất khí quyển

Bảng I.249. Tính chất lý hóa của nước trên đường bão hòa [28.526]

Nhiệt độ t,°C	Áp suất P, N/m^2	Áp suất P, at	Khối lượng riêng ρ, kg/m^3	Nhiệt lượng riêng $i.10^{-2}$, J/kg	Nhiệt dung riêng C_p, J/kg.độ	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda.10^2$, W/m.độ	Hệ số dẫn nhiệt độ $a.10^4$, m^2/h	Độ nhớt động lực $\mu.10^3$, Ns/m^2	Độ nhớt động $\nu.10^6$, m/s^2	Hệ số giãn nở thể tích $\beta.10^4$, $độ^{-1}$	Sức căng bề mặt $\sigma.10^2$, N/m	Chuẩn số Pr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	9,81	1,00	999,9	0	4212	55,1	4,71	1,785	1,789	0,63	75,63	13,67
5	9,81	1,00	999,8	210	4203	56,3	4,80	1,548	1,547	0,11	74,94	11,61
10	9,81	1,00	999,7	420	4191	57,5	4,94	1,306	1,306	0,70	74,22	9,52
15	9,81	1,00	999,0	630	4187	58,7	5,00	1,152	1,136	1,30	73,47	8,30
20	9,81	1,00	998,2	839	4183	59,8	5,16	1,002	1,006	1,82	72,69	7,02
25	9,81	1,00	996,9	1048	4178	60,8	5,20	0,892	0,895	2,52	72,00	6,28
30	9,81	1,00	995,7	1257	4178	61,7	5,35	0,801	0,805	3,21	71,78	5,42
35	9,81	1,00	994,0	1466	4178	62,6	5,40	0,722	0,723	3,60	70,43	4,90
40	9,81	1,00	992,2	1675	4178	63,4	5,51	0,653	0,659	3,87	69,56	4,31
45	9,81	1,00	990,1	1884	4178	64,1	5,55	0,598	0,602	4,20	68,67	3,93
50	9,81	1,00	988,1	2093	4178	64,7	5,56	0,549	0,556	4,49	67,68	3,54
55	9,81	1,00	985,6	2299	4178	65,3	5,70	0,507	0,516	4,80	67,00	3,28
60	9,81	1,00	983,2	2511	4183	65,9	5,78	0,470	0,478	5,11	66,18	2,98

Tiếp bảng 1.249

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
65	9,81	1,00	980,5	2720	4183	66,3	5,80	0,434	0,445	5,40	65,33	2,78
70	9,81	1,00	977,8	2930	4187	66,8	5,85	0,399	0,415	5,70	64,42	2,55
75	9,81	1,00	974,8	3139	4191	67,1	5,90	0,378	0,393	6,00	69,47	2,40
80	9,81	1,00	971,8	3349	4195	67,5	5,96	0,355	0,365	6,32	62,61	2,21
85	9,81	1,00	968,6	3560	4203	67,8	5,99	0,331	0,348	6,60	61,70	2,09
90	9,81	1,00	965,3	3770	4268	68,0	6,03	0,315	0,326	6,95	60,75	1,95
95	9,81	1,00	961,8	3981	4216	68,1	6,01	0,297	0,309	7,22	59,84	1,85
100	10,10	1,03	958,4	4191	4220	68,2	6,08	0,282	0,295	7,52	58,85	1,75
110	14,32	1,46	951,0	4613	4233	68,4	6,13	0,259	0,272	8,08	56,89	1,60
120	19,91	2,03	943,1	5037	4250	68,6	6,16	0,237	0,252	8,64	54,89	1,47
130	26,97	2,75	934,8	5464	4266	68,6	6,19	0,218	0,233	9,19	52,84	1,36
140	36,20	3,69	926,1	5891	4287	68,4	6,21	0,201	0,217	9,72	50,70	1,26
150	47,58	4,85	917,0	6322	4312	68,3	6,22	0,186	0,203	10,30	48,63	1,17
160	61,80	6,30	907,4	6753	4340	68,2	6,23	0,174	0,191	10,70	46,55	1,10
170	79,26	8,08	897,3	7193	4379	67,9	6,22	0,163	0,181	11,30	44,45	1,05
180	100,35	10,23	886,9	7632	4417	67,4	6,20	0,153	0,173	11,90	42,25	1,00
190	125,57	12,80	876,0	8076	4459	66,9	6,17	0,144	0,165	12,60	40,00	0,96
200	155,58	15,86	863,0	8524	4505	66,2	6,14	0,136	0,158	13,30	37,73	0,93
220	232,10	23,66	840,3	9437	4614	64,5	5,99	0,125	0,148	14,80	33,20	0,89
240	334,91	34,14	813,6	10375	4756	62,8	5,84	0,115	0,141	16,80	28,57	0,87
260	469,60	47,87	784,0	11350	4949	60,5	5,61	0,106	0,135	19,70	23,74	0,87
280	642,16	65,46	750,7	12368	5229	57,4	5,27	0,0981	0,131	23,70	19,13	0,90
300	859,45	87,61	712,5	13448	5736	53,9	4,75	0,0912	0,128	29,30	14,40	0,97

Bảng I.250. **Tính chất lý hóa của hơi nước bão hòa phụ thuộc vào nhiệt độ [28.589]**

Nhiệt độ t, °C	Áp suất (tuyệt đối), at	Thể tích riêng v'', m^3/kg	Khối lượng riêng ρ'', kg/m^3	Nhiệt lượng riêng của nước thể lỏng		Nhiệt lượng riêng của hơi nước		Nhiệt hóa hơi $r_{hh}.10^{-3}$, J/kg	
				$i'.10^{-3}$, J/kg	i', kcal/kg	$i''.10^{-3}$, J/kg	i'', kcal/kg	$r_{hh}.10^{-3}$, J/kg	r_{hh}, kcal/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,0062	206,5	0,00484	0	0	2493,1	595,0	2493,1	595,0
5	0,0089	147,1	0,00680	20,95	5,0	2502,7	597,3	2481,7	592,3
10	0,0125	106,4	0,00940	41,90	10,0	2512,3	599,6	2470,4	589,6
15	0,0174	74,9	0,01283	62,85	15,0	2522,4	602,0	2459,5	587,0
20	0,0238	57,8	0,01729	83,80	20,0	2532,0	604,9	2448,2	584,3
25	0,0323	43,40	0,02304	104,75	25,0	2541,7	606,6	2436,9	581,6
30	0,0433	32,93	0,03036	125,70	30,0	2551,3	608,9	2425,6	578,9
35	0,0573	25,25	0,03960	146,65	35,0	2561,0	611,2	2414,3	576,2
40	0,0752	19,55	0,05114	167,60	40,0	2570,6	613,5	2403,0	573,5
45	0,0977	15,28	0,06543	188,55	45,0	2579,8	615,7	2391,3	570,7
50	0,1258	12,054	0,0830	209,50	50,0	2589,5	618,0	2380,0	568,0
55	0,1605	9,589	0,1043	230,45	55,0	2598,7	620,2	2368,2	565,2
60	0,2031	7,687	0,1301	251,40	60,0	2608,3	622,5	2356,9	562,5
65	0,2550	6,209	0,1611	272,35	65,0	2617,5	624,7	2345,2	559,7
70	0,3177	5,052	0,1979	293,30	70,0	2626,3	626,8	2333,0	556,8
75	0,393	4,139	0,2416	314,3	75,0	2636	629,0	2321	554,0
80	0,483	3,414	0,2929	335,2	80,0	2644	631,1	2310	551,2
85	0,590	2,832	0,3531	356,2	85,0	2653	633,2	2297	548,2
90	0,715	2,365	0,4229	377,1	90,0	2662	635,3	2285	545,3
95	0,862	1,985	0,5039	398,1	95,0	2671	637,4	2273	542,4
100	1,033	1,675	0,5970	419,0	100,0	2679	639,4	2260	539,4
105	1,232	1,421	0,7036	440,4	105,1	2687	641,3	2248	536,3
110	1,461	1,212	0,8254	461,3	110,1	2696	643,3	2234	533,1
115	1,724	1,038	0,9635	482,7	115,2	2704	645,2	2221	530,0
120	2,025	0,893	1,1199	504,1	120,3	2711	647,0	2207	526,7

Tiếp bảng I.250

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
125	2,367	0,7715	1,295	525,4	125,4	2718	648,8	2194	523,5
130	2,755	0,6693	1,494	546,8	130,5	2726	650,6	2179	520,1
135	3,192	0,5831	1,715	568,2	135,6	2733	652,3	2165	516,7
140	3,685	0,5096	1,962	589,5	140,7	2740	653,9	2150	513,2
145	4,238	0,4469	2,238	611,3	145,9	2747	655,5	2125	509,6
150	4,855	0,3933	2,543	632,7	151,0	2753	657,0	2120	506,0
160	6,303	0,3075	3,252	654,1	156,2	2765	659,9	2089	498,5
170	8,080	0,2431	4,113	719,8	171,8	2776	662,4	2056	490,6
180	10,23	0,2944	5,145	763,8	182,3	2785	664,6	2021	482,3
190	12,80	0,1568	6,378	808,3	192,9	2792	666,4	1984	473,5
200	15,85	0,1276	7,840	852,7	203,5	2798	667,7	1945	464,2
210	19,55	0,1045	9,567	897,9	214,3	2801	668,6	1904	454,4
220	23,66	0,0862	11,600	943,2	225,1	2803	669,0	1860	443,9
230	28,53	0,07155	13,98	989,3	236,1	2802	668,8	1813	432,7
240	34,13	0,05967	16,76	1035	247,1	2799	668,0	1763	420,8
250	40,55	0,04998	20,01	1082	258,3	2792	666,4	1710	408,1
260	47,85	0,04199	23,82	1130	269,6	2783	664,2	1653	391,5
270	56,11	0,03538	28,27	1178	281,1	2770	661,2	1593	380,1
280	65,42	0,02988	33,47	1226	292,7	2754	657,3	1528	364,6
290	75,88	0,02525	39,60	1275	304,4	2734	652,6	1459	348,1
300	87,6	0,02131	46,93	1327	316,6	2710	646,8	1384	330,2
310	100,7	0,01799	55,59	1380	329,3	2682	640,1	1302	310,8
320	115,2	0,01516	65,95	1437	343,0	2650	632,5	1213	289,5
330	131,3	0,01273	78,53	1498	357,5	2613	623,3	1117	266,0
340	149,0	0,01064	93,98	1564	373,3	2571	613,5	1009	240,2
350	168,6	0,00884	113,2	1638	390,8	2519	601,1	881,2	210,3
360	190,3	0,00716	139,6	1730	413,0	2444	583,4	713,6	170,3
370	214,5	0,00585	171,0	1890	451,0	2304	549,8	411,5	98,2
374	225	0,00310	322,6	2100	501,1	2100	501,1	0	0

Bảng I.251. **Tính chất lý hóa của hơi nước bão hòa phụ thuộc vào áp suất [28.591]**

Áp suất (tuyệt đối) at	Nhiệt độ t,°C	Thể tích riêng v''m^3/kg	Khối lượng riêng ρ''kg/m^3	Nhiệt lượng riêng của nước thể lỏng		Nhiệt lượng riêng của hơi nước		Nhiệt hóa hơi $r_{hh}.10^{-3}$, J/kg	
				$i'.10^{-3}$, J/kg	i', kcal/kg	$i''.10^{-3}$, J/kg	i", kcal/kg	$r_{hh}.10^{-3}$, J/kg	r_{hh}, kcal/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,01	6,6	131,60	0,00760	27,7	6,6	2506	598,0	2478	591,4
0,015	12,7	89,64	0,01116	53,2	12,7	2518	600,9	2465	588,2
0,02	17,1	68,27	0,01465	71,6	17,1	2526	602,9	2455	585,8
0,025	20,7	55,28	0,01809	86,7	20,7	2533	604,6	2447	583,9
0,03	23,7	46,53	0,02149	99,3	23,7	2539	606,0	2440	582,3
0,04	28,6	35,46	0,02820	119,8	28,6	2548	608,2	2429	579,6
0,05	32,5	28,73	0,03481	136,2	32,5	2556	610,0	2420	577,5
0,06	35,8	24,19	0,04133	150,0	35,8	2562	611,5	2413	575,8
0,08	41,1	18,45	0,05420	172,2	41,1	2573	614,0	2400	572,8
0,10	45,4	14,96	0,06686	190,2	45,4	2581	615,9	2490	570,5
0,12	49,0	16,60	0,07937	205,3	49,0	2588	617,6	2382	568,5
0,15	53,6	10,22	0,09789	224,6	53,6	2596	619,6	2372	566,0
0,20	59,7	7,977	0,1283	250,1	59,7	2607	622,3	2358	562,7
0,30	68,7	5,331	0,1876	287,9	68,7	2620	626,3	2336	557,6
0,40	75,4	4,072	0,2456	315,9	75,4	2632	629,2	2320	553,8
0,50	80,9	3,304	0,3027	339,0	80,9	2642	631,5	2307	550,6
0,60	85,5	2,785	0,3590	358,2	85,5	2650	633,4	2296	548,0
0,70	89,3	2,411	0,4147	375,0	89,5	2657	356,1	2286	545,6
0,80	93,0	2,128	0,4699	389,7	93,0	2663	636,5	2278	543,6
0,90	96,2	1,906	0,5246	403,1	96,2	2668	637,8	2270	541,7
1,0	99,1	1,727	0,5790	415,2	99,1	2677	639,0	2264	539,9
1,2	104,2	1,457	0,6865	437,0	104,3	2686	641,1	2249	536,7
1,4	108,7	1,261	0,7631	456,3	108,9	2693	642,8	2237	533,9
1,6	112,7	1,113	0,808	473,1	112,9	2703	644,3	2227	531,4
1,8	116,3	0,997	1,003	483,6	116,6	2709	645,7	2217	529,1
2,0	119,6	0,903	1,107	502,4	119,9	2710	646,9	2208	527,0

Tiếp bảng I.251

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,0	132,9	0,618	1,618	558,9	133,4	7 2730	651,6	2171	518,1
4,0	142,9	0,4718	2,120	601,1	143,7	2744	654,9	2141	511,1
5,0	151,1	0,3825	2,614	637,7	152,2	2754	657,3	2117	505,2
6,0	158,1	0,3222	3,104	667,9	159,4	2768	657,3	2095	499,9
7,0	164,2	0,2785	3,591	694,3	165,7	2769	660,9	2075	495,2
8,0	169,6	0,2454	4,075	718,4	171,4	2776	662,3	2057	490,9
9,0	174,5	0,2195	4,556	740,0	176,6	2780	663,4	2040	486,8
10,0	179,0	0,1985	5,037	759,6	181,3	2784	664,4	2024	483,1
11,0	183,2	0,1813	5,516	778,1	185,7	2787	665,2	2009	479,5
12	187,1	0,1668	5,996	795,3	189,8	2790	665,9	1995	476,1
13	190,7	0,1545	6,474	811,2	193,6	2793	666,6	1984	472,8
14	194,1	0,1438	6,952	826,7	197,3	2795	667,0	1968	469,7
15	197,4	0,1346	7,431	840,9	200,7	2796	667,4	1956	466,7
16	200,4	0,1264	7,909	854,8	204,0	2798	667,8	1943	463,8
17	203,4	0,1192	8,389	867,7	207,1	2799	668,1	1931	460,9
18	206,2	0,1128	8,868	880,3	210,1	2800	668,3	1920	458,2
19	208,8	0,1070	9,349	892,5	213,0	2801	668,5	1909	455,5
20	211,4	0,1017	9,83	904,2	215,8	2802	668,7	1898	452,9
30	232,8	0,06802	14,70	1002	239,1	2801	668,6	1800	429,5
40	249,2	0,05069	19,73	1079	257,4	2793	666,6	1715	409,2
50	262,7	0,04007	24,96	1143	272,7	2780	663,4	1637	390,7
60	274,3	0,03289	30,40	1199	286,1	2763	659,5	1565	373,5
70	284,5	0,02769	36,12	1249	298,0	2746	655,3	1497	357,3
80	293,6	0,02374	42,13	1294	308,8	2726	650,6	1432	341,8
90	301,9	0,02064	48,45	1337	319,0	2705	645,6	1369	326,7
100	309,5	0,01815	55,11	1377	328,7	2684	640,5	1306	311,8
120	323,1	0,01437	69,60	1455	347,3	2638	629,7	1183	282,4
140	335,0	0,01164	85,94	1531	365,3	2592	618,6	1061	253,3
160	345,7	0,00956	104,6	1606	383,4	2540	606,3	934	222,8
180	355,4	0,00782	128,0	1684	401,9	2483	692,6	799	190,7
200	364,2	0,00614	162,9	1783	425,6	2400	572,8	617	147,3
225	374,0	0,00310	322,6	2100	501,1	2100	501,1	0	0

Bảng I.252. **Tính chất lý hóa của hơi nước bão hòa ở áp suất 0,01 – 0,2 at [3.84]**

Áp suất		Nhiệt độ t, °C	Thể tích riêng v'', m^3/kg	Khối lượng riêng $\rho.10^3$, kg/m^3	Nhiệt hóa hơi $r_{hh}.10^{-3}$, J/kg	Nhiệt lượng riêng $i''.10^{-3}$ J/kg
at	mmHg					
0,010	7,35	6,7	131,7	7,60	2476,7	2504,8
0,015	11,08	12,7	89,5	11,20	2464,6	2517,8
0,020	14,7	17,2	68,3	14,7	2455,3	2527,4
0,025	18,4	20,8	55,3	18,1	2446,5	2533,7
0,030	22,1	23,8	46,6	21,4	2440,3	2539,98
0,035	25,8	26,4	40,2	24,9	2434,8	2545,4
0,040	29,4	28,6	35,5	28,2	2430,2	2550,0
0,045	33,1	30,7	31,7	31,5	2425,2	2553,8
0,050	36,8	32,5	28,7	34,8	2421,8	2558,0
0,055	40,5	34,2	26,2	38,2	2417,6	2561,0
0,060	44,1	35,8	24,2	41,3	2414,3	2564,3
0,065	47,8	37,3	22,4	44,6	2410,9	2567,2
0,070	51,5	38,7	20,9	47,8	2408,0	2570,1
0,075	55,2	39,9	19,6	51,0	2405,1	2572,2
0,080	58,8	41,1	18,5	54,2	2402,5	2574,8
0,085	62,5	42,3	17,4	57,5	2399,6	2576,9
0,090	66,2	43,4	16,5	60,6	2397,5	2579,4
0,095	69,9	44,4	15,7	63,7	2395,0	2581,6
0,100	73,5	45,4	15,0	66,3	2392,9	258,1
0,11	80,9	47,3	13,8	72,5	2388,3	2586,1
0,12	88,3	49,0	12,6	79,4	2384,5	2589,4
0,13	95,6	50,7	11,7	85,5	2380,8	2592,8
0,14	103,0	52,2	10,9	91,7	2377,4	2595,7
0,15	110,3	53,6	10,2	97,9	2373,6	2597,8
0,16	117,6	55,0	9,62	103,9	2370,3	2600,3
0,17	125,0	56,2	9,09	110,0	2367,8	2602,4
0,18	132,3	57,4	8,62	116,0	2364,8	2604,5
0,19	139,7	58,6	8,20	121,9	2361,9	2607,0
0,20	147,1	59,7	7,80	125,2	2359,4	2609,1

Bảng I.253. **Tính chất lý hóa của hơi nước bão hòa ở 10 – 50°C [3.86]**

Nhiệt độ t, °C	Áp suất		Thể tích riêng v'', m^3/kg	Khối lượng riêng $\rho.10^3$, kg/m^3	Nhiệt hóa hơi $r_{hh}.10^{-3}$, J/kg	Nhiệt lượng riêng $i''.10^{-3}$, J/kg
	mmHg	at				
1	2	3	4	5	6	7
10	9,2	0,0125	106,4	9,40	2477,1	2519,4
11	9,84	0,0134	99,7	10,03		
12	10,52	0,0143	93,7	10,67		
13	11,23	0,0153	87,9	11,38		
14	11,99	0,0163	83,0	12,05		

Tiếp bảng I.253

1	2	3	4	5	6	7
15	12,79	0,0174	77,9	12,83	2466,2	2529,1
16	13,64	0,0186	73,2	13,66		
17	14,5	0,0197	69,0	14,49		
18	15,5	0,0211	65,1	13,36		
19	16,5	0,0224	61,4	16,29		
20	17,5	0,0238	57,8	17,3	2454,5	2538,3
21	18,65	9,0254	54,5	18,3		
22	19,8	0,0270	51,4	19,4		
23	21,1	0,0287	48,6	20,6		
24	22,4	0,0305	45,9	21,8		
25	23,8	0,0324	43,4	23,0	2443,2	2548,0
26	25,2	0,0343	41,0	24,4		
27	26,7	0,0363	38,8	25,8		
28	28,35	0,0386	36,8	27,2		
29	30,05	0,0408	34,8	28,7		
30	31,8	0,0432	32,9	30,4	2431,0	2556,7
31	33,7	0,0458	31,2	32,0		
32	35,7	0,0486	29,6	33,8		
33	37,7	0,0513	28,0	35,7		
34	39,9	0,0543	26,6	37,6		
35	42,2	0,0573	25,2	39,6	2419,7	2566,4
36	44,6	0,0606	23,9	41,8		
37	47,1	0,0641	22,7	44,0		
38	49,7	0,0676	21,6	46,3		
39	52,5	0,0715	20,5	48,8		
40	55,3	0,0752	19,5	51,2	2408,4	2576,0
41	58,4	0,0795	18,6	53,8		
42	61,5	0,0836	17,7	56,5		
43	64,8	0,0882	16,8	59,5		
44	68,3	0,0930	16,0	62,5		
45	71,9	5,0978	15,3	65,5	2396,7	2585,2
46	75,7	0,103	14,6	68,5		
47	79,6	0,108	13,9	71,9		
48	83,7	0,114	13,2	75,8		
49	88,05	0,120	12,6	79,4		
50	92,5	0,126	12,0	83,0	2384,9	2594,4

Bảng I.254. **Nhiệt lượng riêng (nhiệt hàm riêng) của hơi nước quá nhiệt ($i'' \cdot 10^{-3}$, J/kg) [3.87]**

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C					
	100	120	140	160	180	200
1	2678,7	2718,1	2757,0	2796,0	2835,4	2874,3
2	-	2713,9	2750,7	2790,1	2830,0	2870,2
3	-	-	2742,4	2783,8	2824,9	2865,5
4	-	-	-	2777,6	2819,5	2860,9
5	-	-	-	2710,4	2813,6	2855,9

Tiếp bảng I.254

Áp suất, at	Nhiệt độ, °C						
	180	220	260	300	340	400	500
5	2813,6	2897,8	2980,8	3063,7	3146,7	3272,8	3484,8
6	2808,1	2893,6	2977,8	3061,2	3145,1	3271,1	3484,4
8	2795,6	2885,2	2971,5	3056,6	3141,2	3268,6	3483,1
10	2781,7	2876,4	2964,8	3051,6	3137,5	3266,1	3481,9
12	–	2867,2	2958,6	3046,5	3133,7	3263,2	3480,6
16	–	2847,1	2944,7	3036,5	3125,7	3258,1	3478,1
20	–	2824,1	2930,5	3026,0	3117,8	3248,5	3475,6
30	–	–	2889,0	2998,4	3096,8	3238,5	3468,1
40	–	–	2638,7	2966,5	3074,2	3223,4	3460,1
50	–	–		2931,7	3050,3	3207,4	3451,7
100	–	–		–	2897,0	3115,7	3400,6

***Bảng I.255.* Tính chất lý hóa của không khí ở áp suất khí quyển**

Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Nhiệt dung riêng C_p, kJ/kg	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda.10^2$, W/m.độ	Hệ số dẫn nhiệt độ $a.10^5$, m²/s	Độ nhớt động lực $\mu.10^6$, Ns/m²	Độ nhớt động $\nu.10^6$, m²/s	Chuẩn số Pr
1	2	3	4	5	6	7	8
−50	1,584	1,015	2,035	1,269	14,62	9,23	0,728
−40	1,515	1,015	2,119	1,376	15,25	10,04	0,728
−30	1,453	1,015	2,200	1,490	15,69	10,80	0,723
−20	1,395	1,01	2,280	1,620	16,18	12,79	0,716
−10	1,342	1,01	2,361	1,745	16,65	12,4	0,712
0	1,293	1,00	2,44	1,880	17,15	13,28	0,707
10	1,247	1,00	2,51	2,002	17,65	14,16	0,705
20	1,205	1,00	2,60	2,140	18,15	15,06	0,703
30	1,165	1,00	2,67	2,285	18,65	16,00	0,701
40	1,128	1,00	2,76	2,435	19,15	16,96	0,699
50	1,093	1,00	2,83	2,572	19,6	17,95	0,698
60	1,060	1,00	2,90	2,720	20,01	18,97	0,696
70	1,029	1,01	2,97	2,855	20,6	20,02	0,694
80	1,000	1,01	3,05	3,020	21,1	21,09	0,692
90	0,972	1,01	3,13	3,190	21,5	22,10	0,690
100	0,946	1,01	3,21	3,365	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,01	3,34	3,685	22,9	25,45	0,686
140	0,854	1,015	3,49	4,035	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	4,390	24,5	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,776	4,750	25,3	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,93	5,130	26,0	34,85	0,680
250	0,674	1,039	4,27	6,100	27,35	40,61	0,677
300	0,615	1,047	4,61	7,16	29,70	48,33	0,674
350	0,566	1,060	4,91	8,18	31,4	55,46	0,676
400	0,524	1,067	5,23	9,32	33,05	53,09	0,678
500	0,456	1,093	5,74	11,53	36,2	79,28	0,687

Tiếp bảng I.255

1	2	3	4	5	6	7	8
600	0,404	1,115	6,225	13,84	39,1	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,71	16,35	41,75	115,4	0,706
800	0,329	1,155	7,17	18,89	44,3	134,8	0,713
900	0,301	1,173	7,63	21,65	46,7	155,1	0,717
1000	0,277	1,185	8,07	24,62	49,1	177,1	0,719
1200	0,231	1,210	9,15	31,60	53,5	223,7	0,724

Bảng I.256. **Độ ẩm tuyệt đối của không khí ở áp suất 760 mm Hg xác định theo nhiệt độ điểm sương (q, kg/m^3) [3.92]**

τ, °C	$q.10^3$	τ, °C	$q.10^3$	τ, °C	$q.10^3$	τ, °C	$q.10^3$
−1	4,5	8	8,2	17	14	26	24
0	4,8	9	8,7	18	15	27	25,5
1	5,2	10	9,4	19	16	28	27
2	5,6	11	10,0	20	17	29	28,5
3	5,9	12	10,6	21	18	30	30
4	6,3	13	11,3	22	19	31	32
5	6,8	14	12,0	23	20	32	33,5
6	7,2	15	13,0	24	21,5	33	35
7	7,7	16	13,5	25	23		

Chú thích : τ - nhiệt độ điểm sương, °C.

Bảng I.257. **Độ ẩm tương đối của không khí xác định theo nhiệt độ điểm sương (φ,%) [3.39]**

$\tau - t$ \ τ	− 10	0	10	20	30	$\tau - t$ \ τ	− 10	0	10	20	30
0	100	100	100	100	100	16	31	34	37	39	
1	92	93	94	94	94	17	29	32	35	37	
2	86	87	88	88	89	18	27	30	33	35	
3	79	81	82	83	84	19	25	28	31	33	
4	73	75	77	78	80	20	24	26	29	32	
5	68	70	72	74	75	21	22	25	27		
6	63	66	68	70	71	22	21	23	26		
7	59	61	63	66	68	23	19	22	24		
8	54	57	60	62	64	24	18	21	23		
9	51	53	56	58	61	25	17	19	22		
10	47	50	53	55	57	26	16	18	21		
11	44	47	49	52		27	15	17	20		
12	41	44	47	49		28	14	16	19		
13	38	41	44	46		29	13	15	18		
14	35	38	41	44		30	12	14	17		
15	33	36	39	42							

Chú thích : τ - nhiệt độ điểm sương, °C; t - nhiệt độ của không khí, °C.

Bảng I.258. **Độ ẩm tương đối của không khí ở áp suất 760 mmHg phụ thuộc vào nhiệt độ và xác định theo số chỉ của ẩm kế (φ, %) [3.95]**

A - Ẩm kế thường

t_k \ t_k-t_u	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	83	70	56	41	28											
9	87	73	61	48	36	24	13									
12	88	76	65	54	43	33	23	13								
15	89	78	68	58	49	39	30	21	13							
18	90	80	71	62	53	45	36	29	21	13						
21	91	82	73	65	57	50	42	35	28	21	14					
24	91	83	75	68	60	53	46	40	33	27	21	15				
27	92	84	77	70	63	56	50	44	38	32	26	21	16			
30	93	85	78	72	65	59	53	47	42	36	31	26	21	17		
33			80	73	67	61	56	50	45	40	35	30	26	22	16	12
35				74	68	62	57	51	46	42	37	32	28	24	19	15
37					69	64	58	53	48	43	39	35	30	26	22	18

B – Ẩm kế hút

t \ $t-t_u$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		81	73	64	55	46	38	29	21	13										
3	92	84	76	69	62	54	46	40	32	25	12									
6	94	87	80	73	66	60	54	47	41	35	23	11								
9	94	88	82	76	70	65	59	53	48	42	32	22	12	3						
12	94	89	84	78	73	68	63	58	53	48	38	30	21	12	4					
15	95	90	85	80	76	71	66	62	58	53	44	36	28	20	13	4				
18	95	90	86	82	78	73	69	65	61	57	49	42	35	27	20	13	6			
21	96	91	87	83	79	75	71	67	64	60	53	46	39	32	26	19	13	8	3	
24	96	92	88	85	81	77	74	70	66	63	56	49	43	37	31	26	21	15	10	5
27	96	93	90	86	82	79	76	72	68	65	59	53	47	41	36	30	26	21	16	11
30	96	93	90	86	82	79	76	73	70	67	61	55	50	44	39	35	30	25	21	17
33	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	63	57	52	47	42	37	33	29	25	21
36	97	93	90	87	84	81	78	75	72	70	64	57	54	50	45	41	36	33	29	25
39	97	94	91	88	85	82	79	76	74	71	66	61	56	52	45	43	39	36	32	28

Chú thích : t_k - nhiệt độ của nhiệt kế bầu khô, °C; t_u - nhiệt độ của nhiệt kế bầu ướt, °C.

Bảng I.259. **Tính chất lý hóa của dung dịch $CuCl_2$ trong nước ở nhiệt độ thấp [28.585]**

Nồng độ của muối trong dung dịch, % khối lượng	Khối lượng riêng ở 15°C ρ, kg/m³	Nhiệt độ đông rắn t_{dr}, °C	Độ nhớt $\mu.10^3$, Ns/m²				Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m.độ			
			0°C	−10°C	−20°C	−30°C	0°C	−10°C	−20°C	−30°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,1	1000	0,0	1,775	–	–	–	0,581	–	–	–
5,9	1050	−3,0	1,982	–	–	–	0,5675	–	–	–
11,5	1100	−7,1	2,295	–	–	–	0,5520	–	–	–

Tiếp bảng I.259

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16,8	1150	−12,7	2,765	4,370	–	–	0,5345	0,503	–	–
17,8	1160	−14,2	2,865	4,513	–	–	0,5300	0,500	–	–
18,9	1170	−15,7	2,990	4,670	–	–	0,5250	0,496	–	–
19,9	1180	−17,4	3,120	4,845	–	–	0,5210	0,493	–	–
20,9	1190	−19,2	3,278	5,073	–	–	0,516	0,489	–	–
21,9	1200	−21,2	3,445	5,326	8,62	–	0,511	0,486	0,465	–
22,8	1210	−23,3	3,620	5,610	9,01	–	0,506	0,483	0,4625	–
23,8	1220	−25,7	3,816	5,925	9,475	–	0,502	0,480	0,459	–
24,7	1230	−28,3	4,023	6,275	10,00	–	0,498	0,476	0,456	–
25,7	1240	−31,2	4,256	6,677	10,57	14,82	0,4925	0,473	0,454	0,437
26,6	1250	−34,6	4,520	7,080	11,17	15,90	0,4876	0,469	0,452	0,435
27,5	1260	−38,6	4,810	7,525	11,85	17,15	0,4820	0,466	0,448	0,434
28,4	1270	−43,6	5,120	8,030	12,71	18,84	0,4780	0,462	0,446	0,433
29,4	1280	−50,1	5,495	8,635	13,78	21,28	0,4745	0,459	0,444	0,432
29,9	1286	−50,5	5,690	9,040	14,40	22,55	0,4715	0,457	0,443	0,431
30,3	1290	−50,6	5,890	9,325	14,95	23,85	0,4695	0,455	0,442	0,430
31,2	1300	−41,6	6,335	10,05	16,20	26,60	0,4645	0,452	0,438	0,429
32,1	1310	−33,9	6,830	10,87	17,63	30,70	0,4600	0,448	0,436	0,428
33,0	1320	−27,1	7,385	11,73	19,26	–	0,4570	0,444	0,434	–
33,9	1330	−21,2	8,020	12,72	21,00	–	0,452	0,441	0,431	–
34,7	1340	−15,6	8,650	13,82	–	–	0,4475	0,437	–	–
35,6	1350	−10,2	9,325	15,18	–	–	0,4425	0,432	–	–
36,4	1360	−5,1	10,080	–	–	–	0,439	–	–	–
37,3	1370	0,0	10,920	–	–	–	0,434	–	–	–

Bảng I.260. **Tính chất lý hóa của dung dịch NaCl trong nước ở nhiệt độ thấp [28.584]**

Khối lượng riêng ở 15°C ρ, kg/m³	Nồng độ của muối trong dung dịch, % khối lượng	Nhiệt độ đóng rắn t_{dr}, °C	Độ nhớt $\mu.10^3$, Ns/m²					Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m.độ		
			0°C	−5°C	−10°C	−15°C	−20°C	−10°C	0°C	−20°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1000,0	0,1	0,0	1,765	-	-	-	-	0,582	-	-
1010,00	1,5	−0,9	1,785	-	-	-	-	0,579	-	-
1020,00	2,9	−1,8	1,805	-	-	-	-	0,576	-	-
1030,00	4,3	−2,6	1,825	-	-	-	-	0,574	-	-
1040,00	5,6	−3,5	1,845	-	-	-	-	0,571	-	-
1050,00	7,0	−4,4	1,875	-	-	-	-	0,569	-	-
1060,00	8,3	−5,4	1,912	2,305	-	-	-	0,567	-	-
1070,00	9,6	−6,4	1,962	2,375	-	-	-	0,565	-	-
1080,00	11,0	−7,5	2,02	2,445	-	-	-	0,562	-	-
1090,00	12,3	−8,6	2,08	2,52	-	-	-	0,559	-	-
1100,00	13,6	−9,8	2,146	2,61	-	-	-	0,557	-	-
1110,00	14,9	−11,0	2,237	2,715	3,345	-	-	0,054	0,516	-
1120,00	16,2	−12,2	2,325	2,835	3,49	-	-	0,552	0,517	-
1130,00	17,5	−13,6	2,435	2,97	3,675	-	-	0,549	0,514	-

Tiếp bảng I.260

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1140,00	18,8	– 15,1	2,56	3,12	3,87	4,77	–	0,547	0,512	–
1150,00	20,0	– 16,6	2,69	3,275	4,08	5,01	–	0,546	0,510	–
1160,00	21,2	– 18,2	2,825	3,445	4,31	5,28	–	0,543	0,508	–
1170,00	22,4	– 20,0	2,96	3,64	4,56	5,57	6,87	0,540	0,507	0,477
1175,00	23,1	– 21,2	3,04	3,745	4,71	5,75	7,04	0,539	0,505	0,476
1180,00	23,7	– 17,2	3,14	3,85	4,87	5,94	–	0,538	0,503	–
1190,00	24,9	– 9,5	3,295	4,07	–	–	–	0,537	–	–
1200,00	26,1	– 1,7	3,47	–	–	–	–	0,535	–	–
1203,000	26,3	0,0	3,5	–	–	–	–	0,535	–	–



Cách dùng. Qua tâm và một điểm tương ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ, kẻ một đường thẳng. Các giao điểm của đường thẳng này với các thang tương ứng sẽ cho giá trị của các tính chất lý hóa cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.79. **Toán đồ để xác định các tính chất lý hóa của freon-12 lỏng trên đường bão hòa [49.256]**

Bảng I.261 **Tính chất lý hóa của hơi freon-12 bão hòa [28.583]**

Nhiệt độ t, °C	Áp suất (tuyệt đối) p, at	Khối lượng riêng, ρ, kg/m³		Nhiệt hóa hơi	
		thể lỏng	thể hơi	r_{hh}, kcal/kg	$r_{hh}.10^{-3}$, J/kg
40	9,78	1250	53,1	31,6	132,4
30	7,59	1290	41,2	33,1	138,7
25	6,63	1310	36,1	33,9	142,0
20	5,79	1330	31,5	34,6	145,0
10	4,32	1360	23,8	35,8	150,0
0	3,15	1390	17,7	37,0	155,0

Tiếp bảng I.261

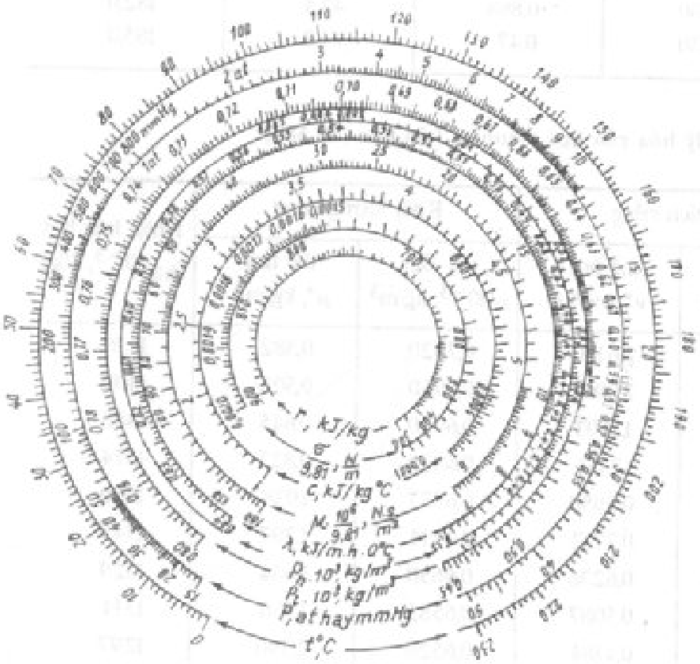
1	2	3	4	5	6
–10	2,24	1430	12,8	38,1	160,0
–15	1,86	1440	10,8	38,6	161,7
–20	1,54	1460	9,04	39,1	163,8
–25	1,26	1470	7,52	39,5	165,5
–30	1,03	1490	6,2	40,0	167,6
–35	0,824	1500	5,07	40,4	169,3
–40	0,655	1520	4,10	40,8	171,0
–50	0,399	1540	2,60	41,7	175,0
–60	0,231	1570	1,56	42,5	178,0
–70	0,125	1600	0,888	43,4	182,0
–80	0,063	1630	0,47	44,2	185,0

Bảng I.262. **Tính chất lý hóa của hơi amoniac bão hòa [28.582]**

Nhiệt độ t, °C	Áp suất (tuyệt đối) p, at	Thể tích riêng		Khối lượng riêng		Nhiệt hóa hơi $r_{hh}\cdot10^{-3}$, J/kg
		thể lỏng $v'\cdot10^3$, m³/kg	thể hơi v'', m³/kg	thể lỏng $\rho'\cdot10^{-3}$, kg/m³	thể hơi ρ'', kg/m³	
–50	0,4168	1,4245	2,6170	0,7020	0,382	1416
–45	0,5562	1,4367	2,0015	0,6960	0,500	1402
–40	0,7318	1,4493	1,5503	0,6900	0,645	1388
–35	0,9503	1,4623	1,2151	0,6839	0,823	1374
–30	1,219	1,4757	0,9630	0,6777	1,038	1360
–25	1,546	1,4895	0,7712	0,6714	1,297	1345
–20	1,940	1,5307	0,6236	0,6650	1,604	1329
–15	2,410	1,5185	0,5087	0,6585	1,966	1314
–10	2,966	1,5338	0,4184	0,6520	2,390	1297
–5	3,619	1,5496	0,3469	0,6453	2,883	1281
0	4,379	1,5660	0,2897	0,6386	3,452	1263
5	5,259	1,5831	0,2435	0,6317	4,108	1246
10	6,271	1,6008	0,2058	0,6247	4,859	1227
15	7,431	1,6193	0,1740	0,6175	5,718	1210
20	8,741	1,6386	0,1494	0,6103	6,694	1188
25	10,225	1,6588	0,1283	0,6028	7,795	1168
30	11,895	1,6800	0,1107	0,5952	9,034	1146
35	13,765	1,7023	0,0959	0,5875	10,431	1124
40	15,850	1,7257	0,0833	0,5795	12,005	1101
45	18,165	1,7504	0,0726	0,5713	13,774	1078
50	20,727	1,7766	0,0635	0,5629	15,756	1053

Bảng I.263 Tính chất lý hóa của rượu etylic C_2H_5OH trên đường bão hòa [21.354]

Áp suất p, at	Nhiệt độ sôi t_s, °C	Khối lượng riêng thể lỏng ρ, kg/m³	Khối lượng riêng thể hơi ρ'', kg/m³	Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m.độ	Độ nhớt $\mu.10^3$, Ns/m²	Sức căng bề mặt $\sigma.10^3$, N/m	Nhiệt dung riêng C_p, kJ/kg.độ	Nhiệt hóa hơi r_{hh}, kJ/kg
1,035	78,4	737	1,655	0,1592	0,441	16,75	3,06	826
3,87	115,0	696	6,09	0,1470	0,46	13,87	3,73	767
8,08	141,0	664	11,7	0,1365	0,18	11,10	4,56	689
18,6	182,3	604	28,6	0,1244	0,117	7,01	4,92	581
36,4	209,2	533	64,3	0,1123	0,0786	3,19	5,81	427
53,8	231,5	436	126	0,0953	0,0631	0,75	6,42	230



Cách dùng. Qua tâm và một điểm tương ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ, kẻ một đường thẳng. Các giao điểm của đường thẳng này với các thang tương ứng sẽ cho giá trị của các tính chất lý hóa cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

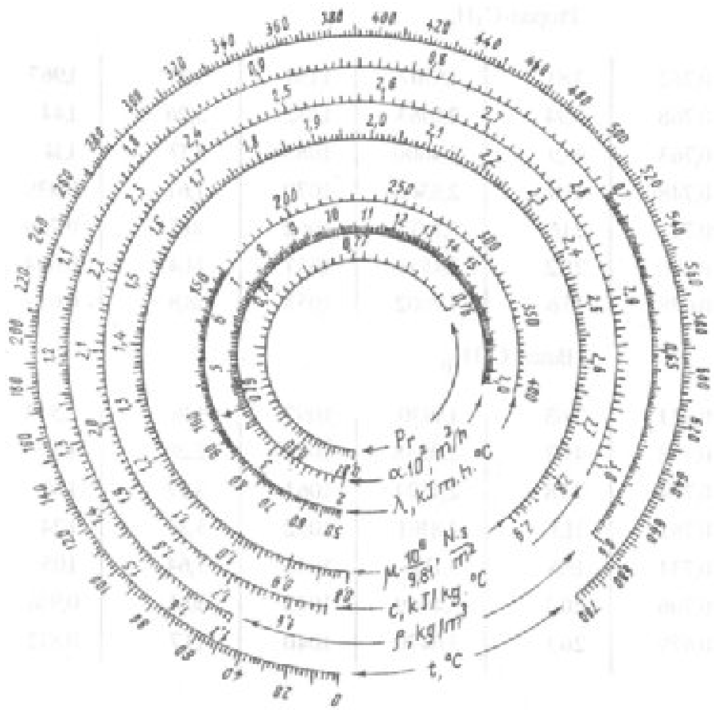
Hình I.80. Toán đồ để xác định tính chất lý hóa của rượu etylic khan, lỏng trên đường bão hòa [49.225]

Bảng I.264. Tính chất lý hóa của hơi rượu $C_nH_{2n+2}O$ ở áp suất khí quyển [21.353]

Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda.10^2$, W/m.độ	Độ nhớt động lực $\mu.10^6$, Ns/m²	Độ nhớt động $\nu.10^6$ N.s/m²	Nhiệt dung riêng C_p, kJ/kg.độ	Tỉ lệ C_p/C_v	Hệ số dẫn nhiệt độ $a.10^2$, m²/h	Chuẩn số Pr
Rượu metylic CH_3OH								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	1,28	8,84	–	1,430	1,22	–	0,984
100	1,047	2,185	12,26	11,7	1,725	1,18	4,36	0,962
200	0,827	3,29	15,70	19,0	2,000	1,15	7,19	0,946
300	0,682	4,58	19,14	28,1	2,245	1,13	10,8	0,934
400	0,580	6,04	22,58	39,0	2,472	1,12	15,2	0,924

Tiếp bảng I.264

1	2	3	4	5	6	7	8	9
500	0,505	7,67	26,10	51,7	2,693	1,11	20,3	0,914
600	0,446	9,46	29,65	66,2	2,900	1,10	26,3	0,906
0	–	1,29	7,85	–	1,340	1,16	–	0,811
100	1,490	2,30	10,79	7,21	1,469	1,12	3,26	0,796
200	1,800	3,51	13,74	11,7	2,010	1,10	5,34	0,786
300	0,974	5,00	16,67	17,2	2,320	1,08	7,96	0,777
400	0,828	6,67	19,72	23,8	2,610	1,08	11,1	0,769
500	0,720	8,58	22,65	31,5	2,89	1,07	14,8	0,763
600	0,639	10,74	25,70	40,2	3,17	1,06	19,1	0,757
0	–	1,152	7,17	–	1,285	1,12	–	0,800
100	1,960	2,034	9,79	5,02	1,655	1,09	2,27	0,973
200	1,540	3,163	12,35	8,08	2,005	1,07	3,68	0,788
300	1,270	4,500	15,00	11,8	2,345	1,06	5,43	0,784
400	1,080	6,060	17,05	16,3	2,670	1,05	7,54	0,779
500	0,943	7,825	20,30	21,5	2,985	1,05	10,0	0,777
600	0,836	9,820	22,90	27,5	3,300	1,04	12,8	0,773
0	–	1,105	6,61	–	1,260	1,097	–	0,755
100	–	1,954	8,96	–	1,650	1,073	–	0,753
200	1,87	3,030	11,30	6,06	2,025	1,058	2,89	0,753
300	1,54	4,325	13,64	8,87	2,385	1,049	4,24	0,753
400	1,31	5,810	16,00	12,2	2,740	1,042	5,84	0,753
500	1,14	7,510	18,25	16,0	3,080	1,037	7,68	0,753
600	1,01	9,420	20,60	20,4	3,430	1,033	9,80	0,753



Cách dùng. Qua tâm và một điểm tương ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ, kẻ một đường thẳng. Các giao điểm của đường thẳng này với các thang tương ứng sẽ cho giá trị của các tính chất lý hóa cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.81. **Toán đồ để xác định tính chất lý hóa của rượu etylic ở áp suất khí quyền [49.254]**

Bảng I.265. Các đặc tính lý hóa của hidrocacbon dãy metan C_nH_{2n+2} ở áp suất khí quyển [21.349]

Nhiệt độ t, °C	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda.10^2$, W/m.độ	Độ nhớt động lực $\mu.10^6$, N.s/m²	Chuẩn số Pr	Độ nhớt động $\nu.10^6$, m²/s	Nhiệt dung riêng C_p, J/kg.độ	Tỉ số C_p/C_v	Hệ số dẫn nhiệt độ $a.10^2$, m²/h	Khối lượng riêng ρ, kg/m³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Metan CH_4				
0	3,07	10,40	0,734	14,5	2,1671	1,314	7,13	0,7168
100	4,65	13,24	0,698	25,1	2,4503	1,268	13,0	0,525
200	6,37	15,90	0,700	38,2	2,8090	1,225	19,8	0,414
300	8,23	18,34	0,707	53,5	3,1770	1,193	27,3	0,342
400	10,20	20,70	0,717	71,0	3,5322	1,171	35,8	0,291
500	12,21	22,96	0,726	90,8	3,8590	1,155	45,1	0,253
600	14,42	25,21	0,726	113	4,1561	1,141	55,8	0,224
				Etan C_2H_6				
0	1,90	8,603	0,746	6,41	1,6483	1,202	3,09	1,342
100	3,19	11,380	0,738	11,6	2,0690	1,154	5,64	0,983
200	4,75	14,126	0,741	18,2	2,4918	1,124	8,85	0,776
300	6,54	16,775	0,736	26,2	2,8718	1,105	12,8	0,640
400	8,55	19,326	0,726	35,6	3,2162	1,095	17,5	0,545
500	10,79	21,974	0,715	46,4	3,5217	1,085	23,3	0,474
600	13,26	24,53	0,701	58,5	3,7899	1,077	30,1	0,420
				Propan C_3H_8				
0	1,524	7,505	0,762	3,81	1,5507	1,138	1,80	1,967
100	2,628	10,006	0,768	6,94	2,0183	1,102	3,26	1,44
200	4,012	12,459	0,763	10,9	2,4600	1,083	5,17	1,14
300	5,617	14,813	0,748	15,8	2,8366	1,070	7,61	0,939
400	7,478	17,168	0,727	21,6	3,1635	1,062	10,7	0,799
500	9,560	19,424	0,700	28,2	3,4513	1,057	14,4	0,694
600	11,863	21,778	0,678	35,6	3,7002	1,053	18,8	0,616
				Butan C_4H_{10}				
0	1,326	6,838	0,821	2,63	1,5930	1,097	1,16	2,593
100	2,349	9,261	0,798	4,87	2,0288	1,075	2,20	1,90
200	3,646	11,674	0,784	7,78	2,4574	1,061	3,57	1,50
300	5,187	14,028	0,761	11,3	2,8161	1,052	5,37	1,24
400	6,978	16,383	0,734	15,6	3,1316	1,046	7,64	1,05
500	9,025	18,737	0,706	20,5	3,4069	1,043	10,4	0,916
600	11,304	21,092	0,679	26,1	3,6470	1,040	13,7	0,812

Tiếp bảng I.265

1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Pentan C_5H_{12}				
0	1,23	6,357	0,821	–	1,5943	1,097	–	–
100	2,20	8,652	0,796	3,67	2,0263	1,060	1,66	2,355
200	3,41	10,89	0,781	5,90	2,4495	1,049	2,69	1,85
300	4,86	13,24	0,763	8,62	2,8014	1,042	4,08	1,54
400	6,55	15,50	0,735	11,8	3,1098	1,037	5,81	1,31
500	8,47	17,76	0,708	15,6	3,3798	1,035	7,96	1,14
600	10,61	20,11	0,684	19,9	3,6130	1,031	10,5	1,01
				Hexan C_6H_{14}				
0	1,12	5,906	0,841	–	1,6035	1,063	–	–
100	2,02	8,152	0,814	2,89	2,0246	1,050	12,8	2,813
200	3,20	10,399	0,796	4,68	2,3200	1,040	21,2	2,220
300	4,59	12,655	0,769	6,92	2,7931	1,035	32,4	1,833
400	6,25	14,911	0,738	9,60	3,0960	1,031	46,6	1,560
500	8,12	17,266	0,732	12,7	3,4442	1,029	62,7	1,355
600	10,26	19,522	0,682	16,2	3,5896	1,027	85,7	1,202
				Heptan C_7H_{16}				
0	1,070	5,396	0,812	–	1,6115	1,053	–	–
100	1,93	7,495	0,784	2,28	2,0213	1,042	10,5	3,27
200	3,05	9,624	0,771	3,72	2,4428	1,035	17,4	2,58
300	4,37	11,772	0,749	5,51	2,7868	1,030	26,6	2,13
400	5,94	13,930	0,722	7,68	3,0855	1,027	38,4	1,81
500	7,73	16,088	0,695	10,1	3,3482	1,025	52,6	1,58
600	9,17	18,334	0,670	13,0	3,5724	1,023	70,4	1,40
				Octan C_8H_{18}				
0	0,918	4,934	0,816	–	1,6157	1,046	–	–
100	1,77	6,789	0,776	1,82	2,0225	1,037	8,46	3,73
200	2,78	8,652	0,759	2,94	2,4407	1,030	13,9	2,945
300	4,00	10,497	0,729	4,32	2,7822	1,026	21,3	2,43
400	4,27	12,361	0,700	5,96	3,0780	1,023	30,7	2,07
500	7,06	14,323	0,677	7,88	3,3386	1,022	42,3	1,80
600	8,92	16,187	0,646	10,1	3,5598	1,020	56,8	1,59

Bảng I.266. **Tính chất lý hóa của etan C_2H_6 trên đường bão hòa [21.351]**

Nhiệt độ t, °C	Áp suất p, at	Thể tích riêng		Khối lượng riêng		Nhiệt hóa hơi r_{hh}, kJ/kg
		thể lỏng v', m³/kg	thể hơi v'', m³/kg	thể lỏng ρ', kg/m³	thể hơi ρ'', kg/m³	
– 100	0,5354	0,001789	888,8	558,9	1,125	501,0
– 90	0,9596	0,001825	517,7	547,9	1,935	487,5
– 80	1,606	0,001863	320,9	536,7	3,116	472,5
– 70	2,549	0,001905	208,4	525,0	4,798	458,5
– 60	3,861	0,001951	140,9	512,5	7,097	442,0
– 50	5,626	0,002003	98,32	493,3	10,17	426,0
– 40	7,929	0,002062	70,46	485,0	14,19	407,5
– 30	10,86	0,002128	51,53	470,0	19,41	386,0
– 20	14,51	0,002209	38,30	452,6	26,11	302,0
– 10	18,96	0,002305	28,79	433,9	34,73	334,5
0	24,32	0,002429	21,75	411,7	45,98	303,5
10	30,75	0,002537	16,13	386,5	62,00	264,5
20	38,49	0,002856	11,43	350,2	87,49	210,5
30	48,0	0,00349	7,06	281,0	142,0	113,0
32,1	30,3	0,00470	4,70	213,0	213,0	0

Bảng I.267. **Tính chất lý hóa của propan C_3H_8 trên đường bão hòa [21.351]**

Áp suất p, at	Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng		Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m.độ	Độ nhớt μ. 10^4, N.s/m²	Nhiệt dung riêng (ở thể lỏng) $C_p.10^{-3}$, J/kg.độ	Sức căng bề mặt $\sigma.10^3$, N/m	Nhiệt hóa hơi $r_{hh}.10^{-3}$, J/kg
		thể lỏng ρ', kg/m³	thể hơi ρ'', kg/m³					
11,95	33,9	481	26,35	0,1295	0,878	2,525	5,92	318,5
17,25	51,1	449	39,75	0,1263	0,760	2,735	2,98	265,0
20,75	60,0	434	43,5	0,1245	0,618	2,790	3,04	286,5
26,4	71,7	407,5	67,6	0,1210	0,590	2,865	1,92	228,4
38,4	83,9	359	93,5	0,1195	0,460	2,950	0,892	175,5

Bảng I.268. **Tính chất lý hóa của benzen C_6H_6 trên đường bão hòa [21.353]**

Áp suất p, at	Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng		Hệ số dẫn nhiệt λ, W/m.độ	Độ nhớt $\mu.10^3$, N.s/m²	Sức căng bề mặt $\sigma.10^3$, N/m	Nhiệt dung riêng (ở thể lỏng) $C_p.10^{-3}$, J/kg.độ	Nhiệt hóa hơi r_{hh}, kJ/kg
		thể lỏng ρ', kg/m³	thể hơi ρ'', kg/m³					
1,036	80,6	817	2,76	0,1436	0,3141	21,2	1,945	392
3,52	124,5	761	8,54	0,1315	0,211	15,9	2,140	357,5
8,08	165,1	713	19,0	0,1192	0,1486	11,22	2,326	320,5
18,6	214,3	656	46,0	0,1040	0,0981	5,98	2,535	267,5
32,6	254,9	546	99,1	0,0935	0,0624	2,31	2,705	193,0
45,4	281,5	439	182,0	0,0818	0,0415	0,301	2,820	103,6

Bảng I.269. Tính chất lý hóa của difenyl (DF), ete difenyl (EDF) naftalin (N) [21.370]

Nhiệt độ t, ^oC	Áp suất hơi bão hòa $p.10^{-5}$, N/m^2			Khối lượng riêng ρ, kg/m^3						Nhiệt lượng riêng của chất lỏng i', kJ/kg			Nhiệt hóa hơi r_{hh}, kJ/kg			Nhiệt lượng riêng của hơi bão hòa i'', kJ/kg			Nhiệt dung riêng thực c, kJ/kg.độ		
				thể lỏng			thể hơi														
	DF	EDF	N	DF	EDF	N	DF	EDF	N	DF	EDF	N	DF	EDF	N	DF	EDF	N	DF	EDF	N
230	-	-	1,314	863	899	865	-	-	4,0	-	-	322	-	-	316	-	-	638	-	-	284,6
240	-	-	1,62	854	893	858	-	-	4,7	-	-	350	-	-	315,6	-	-	665,6	-	-	284,6
250	0,909	0,832	1,98	846	884	850	-	-	5,8	-	-	378	-	-	315	-	-	693	-	-	284,6
260	1,124	1,153	2,45	837	875	842	3,8	4,5	7,0	398	487	407	324,6	275,5	314	722,6	762,5	721	288,5	264	288,8
270	1,382	1,285	2,895	828	864	835	4,9	5,7	9,4	427	514	436	302,6	270	313	729,6	784	749	288,5	267,8	288,8
280	1,69	1,57	3,46	819	853	827	6,0	6,8	11,8	456	541	466	294	265	310,5	750	806	776,5	288,5	267,8	293
290	2,05	1,905	4,1	810	842	820	7,5	8,3	12,3	483	568	495	287	260	307,7	770	828	802,7	288,5	272	293
300	2,46	2,275	4,82	800	831	812	9,1	9,9	12,9	519	595	525	270,5	255,4	303,5	783,5	850,4	828,5	293	272	297,2
310	2,94	2,73	5,64	790	820	804	11,0	12,7	15,0	541	623	555	274	250,4	298	815	873,4	853	293	276,2	297,2
320	3,49	3,21	6,57	780	810	794	12,9	15,5	17,0	571	651	585	268	246	290,6	839	897	875,6	293	276,2	301,4
330	4,12	3,78	7,61	770	800	-	15,5	18,8	19,4	600	680	-	262	242	-	862	922	-	293	280,4	-
340	4,84	4,42	8,75	759	789	-	18,8	20,2	21,8	630	707	-	255,4	237	-	865,4	944	-	293	280,4	-
350	5,63	5,14	10	749	779	-	21,0	22,1	-	652	735	-	249	232,4	-	901	967,4	-	-	284,6	-
360	6,54	5,95	11,47	739	769	-	24,2	24,0	-	-	764	-	-	228	-	-	992	-	-	284,6	-
370	7,56	6,84	12,95	-	-	-	-	-	-	-	793	-	-	223,2	-	-	1016,2	-	-	288,8	-

Bảng I.270. Tính chất lý hóa của một số loại dầu nguồn gốc từ dầu mỏ [21.366]

Loại dầu	Khối lượng mol trung bình	Khối lượng riêng ρ ở $15,5^oC$, kg/m^3	Độ nhớt $\mu.10^3$, $N.s/m^2$			Hệ số dẫn nhiệt, W/m.độ	
			20^oC	60^oC	100^oC	30^oC	100^oC
Dầu nhẹ dùng cho thiết bị trao đổi nhiệt	284	925	62,0	9,5	3,20	0,1325	0,1290
Dầu bôi trơn máy (dầu suốt)	303	870	24,5	5,7	2,37	0,1430	0,1395
Velôxit	333	897	73,0	11,0	4,20	0,1430	0,1384
Dầu mỏ	418	928	-	44,0	9,90	0,1405	0,1375

Bảng I.271. **Tính chất lý hóa của**

Hỗn hợp difenyl-BOT là một chất tải nhiệt hữu cơ có nhiệt độ sôi cao (t_s là 258°C ở áp suất khí quyển) và có thành phần gồm 26,5% difenyl

Nhiệt độ t, °C	Áp suất hơi bão hòa $p.10^5$, N/m²	Thể tích riêng		Khối lượng riêng		Nhiệt lượng riêng	
		thể lỏng $v'.10^3$, m³/kg	hơi bão hòa v'', m³/kg	thể lỏng ρ', kg/m³	hơi bão hòa ρ'', kg/m³	thể lỏng i', kJ/kg	hơi bão hòa i'', kJ/kg
20	-	0,943	–	1060	–	12,6	389
30	-	0,951	–	1052	–	29,3	401,8
40	-	0,959	–	1044	–	46,0	414,4
50	-	0,966	–	1036	–	62,8	427
60	-	0,973	–	1028	–	79,5	439,5
70	-	0,981	–	1020	–	96,3	454,3
80	-	0,988	–	1012	–	115,2	469
90	-	0,997	–	1003	–	134,4	483,3
100	0,00589	1,005	28	995	0,035	153	498
110	0,00981	1,014	18	987	0,056	171,8	512,8
120	0,01668	1,022	11,5	978	0,087	190,3	527,3
130	0,0245	1,030	8,2	970	0,12	211,3	546
140	0,0373	1,040	5,6	961	0,18	232,4	463
150	0,0520	1,050	4,2	953	0,24	253,5	482
160	0,0745	1,058	3,0	945	0,33	274	600
170	0,1078	1,067	2,2	937	0,45	297,2	619,5
180	0,147	1,077	1,7	928	0,6	318	638
190	0,196	1,087	1,2	920	0,81	341	667
200	0,245	1,096	1,0	912	0,99	364,2	678
210	0,324	1,106	0,76	904	1,3	389,1	699
220	0,412	1,116	0,62	896	1,6	414,2	720
230	0,520	1,126	0,50	887	2,0	439,5	741
240	0,627	1,137	0,41	879	2,4	464	762
250	0,843	1,148	0,31	871	3,2	490,5	781
260	1,03	1,159	0,25	863	3,9	515,5	802
270	1,314	1,170	0,20	854	5,0	540	820
280	1,628	1,184	0,165	845	6,1	567	841
290	1,953	1,197	0,14	835	7,2	597	867
300	2,334	1,211	0,115	825	8,7	626	890
310	2,762	1,226	0,096	815	10,4	666	913
320	3,260	1,243	0,082	804	12,2	682	935
330	3,822	1,260	0,069	794	14,5	711	958
340	4,475	1,277	0,059	783	17,0	741	984
350	5,21	1,295	0,050	772	20,0	771	1007,5
360	6,02	1,314	0,044	761	23,0	800	1030,4
370	6,95	1,333	0,038	750	26,0	829	1055
380	7,99	1,345	0,032	739	30,3	859	1079
390	9,15	1,380	0,028	725	36,0	888	1102
400	10,45	1,410	0,024	709	42,0	917	1124,5

Bảng I.272. **Những đặc trưng lý hóa cơ bản của các dung môi hữu cơ [27.201]** (xem tiếp các trang từ 332 đến 347)

Các ký hiệu được dùng trong bảng này:

M - khối lượng mol; t_{nc} - nhiệt độ nóng chảy, °C; t_s - nhiệt độ sôi ở áp suất 760 mmHg, °C; d_4^{20} - khối lượng riêng tương đối ở 20°C so với nước ở 4°C; p_{bh} - áp suất hơi bão hòa, mmHg; c - nhiệt dung riêng của chất lỏng ở nhiệt độ trong phòng, kJ/kg.độ; r_{hh} - nhiệt hóa hơi khi sôi ở áp suất khí quyển, kJ/kg; ĐBH - độ bay hơi tương đối, chỉ rõ tốc độ bay hơi của từng dung môi nhỏ hơn bao nhiêu lần so với tốc độ bay hơi của ete

hỗn hợp difenyl - BOT [21.368]

nhiệt độ đông rắn thấp (t_{dr} là 12,3°C) nên thường dùng để đun nóng đến nhiệt độ khoảng 250°C. Hỗn hợp thường và 73,5% ete difenyl

Nhiệt hóa hơi r_{hh}, kJ/kg	Nhiệt dung riêng thực của chất lỏng C, kJ/kg.độ	Độ dẫn nhiệt của chất lỏng W/m.độ	Độ nhớt động lực $\mu.10^5$, N. s/m^2		Độ nhớt động $\nu.10^6$, m^2/s		Chuẩn số *Pr* đối với chất lỏng
			thể lỏng	hơi bão hòa	thể lỏng	hơi bão hòa	
376,4	1,591	0,1373	435	–	4,11	–	50
372,5	1,632	0,1350	333,3	–	3,19	–	40
368,4	1,674	0,1338	263	–	2,51	–	33
364,2	1,674	0,1326	214,8	–	2,07	–	27
360	1,716	0,1314	178,6	–	1,73	–	23
358	1,758	0,1291	152	–	1,49	–	20,5
353,8	1,80	0,1280	130,4	–	1,29	–	18,5
349,7	1,841	0,1278	114,8	–	1,14	–	16,5
345	1,883	0,1256	101	0,678	1,01	192	15
341	1,925	0,1233	89,5	0,697	0,907	123	14
337	1,966	0,1221	80,4	0,716	0,822	82	13
334,7	2,008	0,1210	72,85	0,735	0,746	60	12
330,6	2,05	0,1198	65,95	0,756	0,686	42	11,3
328,5	2,134	0,1186	60,3	0,774	0,633	32	10,9
326	2,176	0,1163	55,25	0,774	0,574	24	10,3
322,3	2,218	0,1152	50,85	0,814	0,544	18	9,8
320	2,26	0,1139	47,1	0,834	0,508	14	9,4
316	32,30	0,1128	43,75	0,853	0,476	10,5	9,0
313,8	2,241	0,1104	40,7	0,872	0,446	8,8	8,6
309,9	2,385	0,1093	37,95	0,893	0,421	6,8	8,3
305,8	2,428	0,1081	35,6	0,912	0,397	5,6	8,0
301,5	2,47	0,107	33,6	0,932	0,378	4,7	7,7
298	2,555	0,1046	31,6	0,951	0,360	3,9	7,6
290,5	2,595	0,1035	29,7	0,971	0,311	3,0	7,4
286,5	2,635	0,1024	28,15	0,991	0,326	2,5	7,2
280	2,67	0,1012	26,66	1,01	0,313	2,0	7,1
274	2,679	0,1	25,3	1,02	0,299	1,7	6,9
270	2,72	0,0978	24,02	1,05	0,287	1,4	6,7
264	2,76	0,0966	22,75	1,07	0,276	1,2	6,5
257	2,805	0,0953	21,7	1,09	0,266	1,0	6,4
253	2,805	0,0942	20,8	1,108	0,259	0,9	6,2
247	2,846	0,0919	19,9	1,128	0,251	0,78	6,1
243	2,89	0,0907	19,02	1,147	0,243	0,68	6,0
236,5	2,89	0,08955	18,25	1,165	0,236	0,59	5,9
230	2,93	0,0884	17,35	1,186	0,229	0,52	5,8
226	2,93	0,0861	16,7	1,205	0,223	0,46	5,7
220	2,97	0,0849	16,1	1,225	0,218	0,39	5,6
214	2,97	0,0837	15,5	1,245	0,214	0,35	5,5
207,5	3,01	0,0826	14,9	1,265	0,210	0,31	5,4

dietylic lấy làm đơn vị; t_{bc} - nhiệt độ bùng cháy ở áp suất khí quyển, °C; t_{tc} - nhiệt độ tự cháy ở áp suất khí quyển, °C; GHN - giới hạn nồng độ nổ tính bằng % thể tích hơi dung môi trong không khí ở áp suất khí quyển.

Độ hòa tan trong nước ở 20°C tính bằng gam chất hòa tan trong 100 g nước. Trong một số trường hợp tính bằng % khối lượng dung dịch. Trong đó ∞ - hòa tan theo tỉ lệ bất kỳ; t.m.p. - hòa tan một phần; t.t. - hòa tan ít; t.r.i. - hòa tan rất ít; k.t.- không hòa tan.

Nếu độ hòa tan hay d, p_{bh}, c cho ở điều kiện nhiệt độ khác thì có ghi chú trong dấu ngoặc. Ví dụ: p_{bh} = 5(34°C) có nghĩa là áp suất hơi ở 34°C là 5 mmHg; c = 0,6 (10-65°C) nhiệt dung riêng trung bình trong giới hạn nhiệt độ từ 10 - 65°C.

Tiếp bảng I.272. **Những đặc trưng lý hóa cơ bản của các dung môi hữu cơ**

N°	Tên chất	Công thức	M	t_{nc}	t_s	d_4^{20}
1	2	3	4	5	6	7
		Các hiđrocacbon:				
1	Amilen bậc thấp	$C_2H_5CH_2CH=CH_2$	70,13	< – 138	30,2	0,641
2	Benzen	C_6H_6	78,11	5,5	80,1	0,879
3	Butylbenzen bậc hai	$C_2H_5(CH_3)CHC_6H_5$	134,21	– 82,7	173,4	0,861
4	Đecahiđronaftalen (đecalin, hỗn hợp của đồng phân cis và trans-)	$CH_2(CH_2)_3CHCH(CH_2)_3CH_2$	138,24	– 51	188-193	0,89
5	Đecan	$CH_3(CH_2)_8CH_3$	142,28	– 29,7	174	0,73
6	Điamilen	$(C_5H_9)_2$	138,24	–	150-170	0,775
7	Đimetylxiclohexan	$(CH_3)_2C_6H_{10}$	112,21	– 86	120,5	0,769
8	Đipenten	$C_{10}H_{16}$	136,23	–	176	0,865 (18°C)
9	Đođecan	$CH_3(CH_2)_{10}CH_3$	170,33	– 9,6	214,5	0,751
10	Etylbenzen	$C_2H_5C_6H_5$	106,16	– 94,4	136,2	0,867
11	Hexan	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	86,17	– 94	69	0,659
12	Heptan	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	100,20	– 90,6	98,4	0,684
13	Izopropylbenzen(cumol)	$(CH_3)_2CHC_6H_5$	120,19	– 96,9	152,5	0,862
14	Metylxiclohexan	$CH_3CH(CH_2)_4CH_2$	98,18	– 126,3	101	0,769
15	Metylxiclopentan	$CH_3CH(CH_2)_3CH_2$	84,16	– 140,5	73	0,749
16	Nonan	$CH_3(CH_2)_7CH_3$	128,25	– 53,7	150,5	0,718
17	Octan bậc thấp	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	114,22	– 56,5	125,7	0,703
18	Pentan	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	72,15	– 129,7	36,3	0,631
19	Propylbenzen	$C_2H_5CH_2C_6H_5$	120,19	– 99,2	159,5	0,862
20	Tetrađecan	$CH_3(CH_2)_{12}CH_3$	198,38	5,5	252,5	0,765
21	Tetrahiđronaftalen (tetralin)	$C_6H_4CH_2(CH_2)_2CH_2$	132,20	– 31	207,2	0,971
22	Toluen (metylbenzen)	$C_6H_5CH_3$	92,13	– 95	110,8	0,866
23	Xiclohexan	$CH_2(CH_2)_4CH_2$	84,16	6,5	81	0,779
24	Xiclopentan	$CH_2(CH_2)_3CH_2$	70,13	– 93,3	49,5	0,745
25	Xilen (hỗn hợp các đồng phân)	$C_6H_{14}(CH_3)_2$	106,16	< 13	135 – 145	~0,86
26	*p*-Ximol	$CH_3C_6H_4CH(CH_3)_2$	134,21	– 73,5	176	0,857
		Các dẫn xuất clo:				
27	Amilen clorua (2,3-điclopentan)	$CH_3(CHCl)_2C_2H_5$	141,04	–	139	1,085

p_{hh}	c	r_{hh}	ĐBH	t_{bc}	t_{tc}	GHN		Độ hòa tan trong nước
						dưới	trên	
8	9	10	11	12	13	14	15	16
–	0,515	–	–	–	–	1,6	–	k. t.
75	0,41	94,5	3	–16÷–8	580–720	1,1–1,5	6,75–9,5	0,08
1(18,6°C)	–	–	94	52	–	–	–	k. t.
0,6	0,395	71	–	57–60	455	–	–	k. t.
2,68	0,498(0–50°C)	~60	–	46	>260–459	0,6–0,67	2,6	k. t.
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
–	–	71,7	–	11	–	–	–	k. t.
10(53,8°C)	–	–	–	60	–	–	–	k. t.
5,8(80°C)	0,5(10–50°C)	–	–	74	–	0,6	–	k. t.
6,85	~0,42	81,1	–	15–24	420–553	0,7–0,9	3,9	0,01(15°C)
120	0,535	79,3	–	–30÷–22	247–560	1,1–1,25	4,2–7	0,01
35,6	0,331	76,3	–	–17÷–4	233–560	0,95–1	3,6–6	0,005
3,04	0,396(15–30°C)	~90	–	34-39	500	0,68	4,2	k. t.
40	~0,44	76,9	10	12÷–4	511–549	1,13–1,15	–	k. t.
100(17,9°C)	0,447	~90	–	–	–	–	–	k. t.
3,22	0,523	~87	–	31	–	0,7–0,83	2,9	k. t.
10,5	0,512	71	–	13–17	232–458	0,8–0,95	3,2	0,001
42,2	~0,54	85	–	–40÷–10	309–580	1,3–1,4	4,5-8	0,04
22	-	71,7	–	30–30,5	–	–	–	0,006
1(76,4°C)	0,497(0-50°C)	–	–	100	–	0,5	–	k. t.
0,3	0,4	79,3	190	75–80	520	–	–	k. t.
22,3	0,415	86,8	6,1	3–7	549–730	0,92–1,3	5–7,75	0,05
78,4	0,516	87,3	3	từ –18 đến –17	400–567	1–1,31	8,35–9	k. t.
200(13,8°C)	0,529	~97	–	–	–	–	–	k. t.
10	0,4	83	13,5	20–29	~500–740	0,93–3	4,5–7,6	0,01
1(19°C)	0,421	67,6	–	100	466	–	–	k. t.
–	–	–	–	43	–	–	–	k. t.

Tiếp bảng I.272

1	2	3	4	5	6	7
28	Amyl clorua (hỗn hợp các đồng phân)	$C_5H_{11}Cl$	106,60	–	85 – 112	0,878
29	Benzyl clorua	$C_6H_5CH_2Cl$	126,58	– 39	179,4	1,103(18°C)
30	Butilen clorua	$C_4H_8Cl_2$	127,02	–	112 – 120	1,107
31	Cacbon tetraclorua	CCl_4	153,84	– 22,6	76,8	1,595
32	Clobenzen	C_6H_5Cl	112,56	– 45,2	132,1	1,107
33	Monoclohiđrin diglicol	$ClC_2H_4OC_2H_4OH$	124,57	–	196,8	1,172
34	Clohiđrin propilen bậc hai	$CH_3CHOHCH_2Cl$	94,54	–	– 127	1,113
35	Clorofom	$CHCl_3$	119,39	– 63,5	61,2	1,489
36	*o*-Điclobenzen	$C_6H_4Cl_2$	147,01	– 17,6	179	1,305
37	α-điclohiđrin glixerin	$(CH_2Cl)_2CHOH$	128,99	< – 20	174,3	1,367
38	β-Điclohiđrin glixerin	$ClCH_2CHClCH_2OH$	128,99	–	183	1,362
39	α-Epiclohiđrin	CH_2CHCH_2Cl O	92,53	– 25,6	117	1,184
40	Etan pentaclorua (pentacloetan)	$CHCl_2CCl_3$	202,31	– 22	162	1,685(15°C)
41	Etan tetraclorua (tetracloetan đối xứng)	$Cl_2CHCHCl_2$	167,86	– 36	146,3	1,6
42	β-Ete cloetylaxetat	$CH_3CO_2CH_2CH_2Cl$	122,55	– 26	145	1,178(0°C)
43	Ete diclođietyl	$(ClCH_2CH_2)_2O$	143,02	– 50	178,5	1,22
44	Ete diclođiizopropyl	$[ClCH_2(CH_3)CH]_2O$	171,07	–	187,3	1,113
45	Etilenclohiđrin	$ClCH_2CH_2OH$	80,52	– 69	128,8	1,213
46	Etilen clorua (1,2-đicloetan)	$ClCH_2CH_2Cl$	98,97	– 35,3	83,7	1,255
47	Etilen điclorua (1,1-đicloetilen, không đối xứng)	$CH_2 = CCl_2$	96,95	– 122,5	37	1,25(15°C)
48	Etilen điclorua (đicloetilen đối xứng hỗn hợp đồng phân *cis*- và *trans*-)	$ClCH = CHCl$	96,65	– 80	60	1,291(15°C)
49	Etilen (tetraclorua (tetracloetilen)	$Cl_2C = CCl_2$	165,85	– 19	120,8	1,619
50	Etilen triclorua (tricloetilen)	$ClCH = CCl_2$	131,40	– 73	87,2	1,465
51	Metilen clorua (điclometan)	CH_2Cl_2	84,94	– 96,7	40	1,336
52	Monoclohiđrin glixerin	$CH_2ClCHOHCH_2OH$	110,54	–	213	1,322
53	Propilen clorua (1,2-đicloropropan)	$CH_3CHClCH_2Cl$	112,99	< – 70	96,8	1,166(14°C)
54	Triglicol điclorua	$ClC_2H_4OC_2H_4OC_2H_4Cl$	187,07	–	241	1,197

Tiếp bảng I.272

8	9	10	11	12	13	14	15	16
–	–	–	–	–	–	1,4	–	k . t.
1(22°C)	0,345	–	–	60	–	1,1	–	k . t.
–	–	–	–	–	–	–	–	0,02
90,7	0,202	46,4	3	Không cháy	–	–	–	0,08
8,7	–0,31	75,9	12,5	26–39	660	1,3–2,2	7,1–10	0,049(30°C)
–	–	–	–	107	–	–	–	∞
–	–	–	–	52	–	–	–	∞
160	0,23	59	2,5	–	1500	–	–	1(15°C)
1	–	64,5	57	27,2–77	–	–	–	k.t.
1(28°C)	–	–	–	74	–	–	–	12
–	–	–	–	–	–	–	–	14,5
20(29°C)	–	98	–	40,6	–	–	–	<5
7	0,21	45	–	Không cháy	–	–	–	0,05
11	0,27	54	33	70	–	–	–	k . t.
5(25,4°C)	–	–	–	54–67	–	–	–	3(25°C)
0,73	0,369	64	–	55–85	369	–	–	1,07
1 (29,6°C)	–	–	–	85	–	–	–	0,17
5 (19°C)	0,33	74	–	54–60	–	–	–	∞
65	0,31	85,4	4,1	9–21,1	413–525	4,8–6,2	14,7–15,9	0,87
400 (14,8°C)	–	–	–	14	458	5,6–10	13	k . t.
205	0,27	75	–	2–17	456	9,7	12,8	k . t.
15	0,216	50	–	Không cháy	–	–	–	k . t.
58	0,23	57,2	3,8	Không cháy	–	–	–	0,1
349	0,25	78	2	–14	635–662	8,8	11,1	2
–	–	–	–	–	–	–	–	–
40 (19,4°C)	0,33	72	–	15–21	556–558	3,4	14,5	0,27
0,06	–	–	4,1	121	–	–	–	1,9

Tiếp bảng I.272

1	2	3	4	5	6	7
		Các rượu đơn nguyên tử:				
55	Amylic	$CH_3(CH_2)_3CH_2OH$	88,15	−78,5	137,9	0,814
56	Amylic bậc hai	$C_2H_5CH_2CHOHCH_3$	88,15	–	119,5	0,809
57	Amylic bậc ba	$(CH_3)_2COHC_2H_5$	88,15	−11,9	102	0,809
58	Amylic tổng hợp (hỗn hợp các đồng phân)	$C_5H_{11}OH$	88,15	–	112–140	0,81-0,82
59	Benzylic	$C_6H_5CH_2OH$	108,13	−15,3	204,7	1,043
60	Butylic	$CH_3(CH_2)_2CH_2OH$	74,12	−79,9	117,7	0,81
61	Butylic bậc hai	$C_2H_5CHOHCH_3$	74,12	−114,7	99,5	0,808
62	Butylic bậc ba	$(CH_3)_3COH$	74,12	25,5	82,9	0,789
63	Điaxeton	$(CH_3)_2COHCH_2COCH_3$	116,16	−47	167,9	0,92
64	Điizopropylcacbinol	$[(CH_3)_2CH]_2CHOH$	116,20	−70	140	0,829
65	Etylic	C_2H_5OH	46,07	−112	78,4	0,789
66	Fufurylic	$CH{:}CHCH{:}CCH_2OH$ (vòng qua O)	98,10	−29	170,2	1,135
67	Hexylic bậc nhất (hexanol-1)	$CH_3(CH_2)_4CH_2OH$	102,17	−51,6	157,2	0,819
68	Hexylic bậc hai (hexanol-2)	$CH_3CHOH(CH_2)_3CH_3$	102,17	–	139	0,815
69	Hexylic (hexanol-3)	$C_2H_5CHOH(CH_2)_2CH_3$	102,17	–	135	0,818
70	Hexylic (2-metylpen) tanol-4	$(CH_3)_2CHCH_2CHOCH_3$	102,17	–	131,8	0,813
71	Hexylic (etylbutanol-4)	$(C_2H_5)_2CHCH_2OH$	102,17	< −15	148,9	~0,83
72	Izoamylic bậc nhất	$(CH_3)_2CHCH_2CH_2OH$	88,15	−117,2	132	0,812
73	Izoamylic bậc hai	$(CH_3)_2CHCHOHCH_3$	88,15	–	114	0,819
74	Izobutylic bậc nhất	$(CH_3)_2CHCH_2OH$	74,12	−108	108	0,803
75	Izopropylic	$(CH_3)_2CHOH$	60,09	−85,8	82,5	0,789
76	Metylic	CH_3OH	32,04	−97,8	64,7	0,792
77	Metylxiclohexylic (metylxiclohexanol, hỗn hợp các đồng phân)	$CH_3C_6H_{10}OH$	114,18	–	160–195	0,922
78	Octylic	$CH_3(CH_2)_6CH_2OH$	130,22	−16	194	0,827
79	Octylic (2-etylhexanol-1)	$C_4H_9(C_2H_5)CHCH_2OH$	130,22	< −76	184	0,834

8	9	10	11	12	13	14	15	16
2,8	0,567	125,1	62	33 – 46	327 – 518	1,19 – 1,2	–	2,7(22°C)
5 (22,1°C)	–	–	–	27 – 34	–	–	–	2,5
10 (17,2°C)	−0,66	106,1	–	17 - 20	–	–	–	–
–	–	–	–	53	–	–	–	2 – 3
<0,1	0,477	111	1767	90 – 142	400 – 436	1	15,5	4
4,7	−0,59	141,3	33	28 – 35	366 – 503	1,52 – 3,7	8 – 10,2	9(15°C)
10 (16,9°C)	0,648(40°C)	136,2	20	21,1	–	–	–	12,5
60 (31°C)	0,725	130,4	–	11,1 – 11,5	–	–	–	∞
0,84	–	–	147	35 – 55	–	–	–	∞
–	–	–	–	49	–	–	–	t.r.i.
43,6	0,58	216,4	8,3	12 – 48	404 – 670	2,8 – 3,5	9,5 – 30	∞
1 (31,8°C)	0,49 (30°C)	–	–	74	400	0,95 – 1,8	14,2 – 16,3	∞
1 (24,4°C)	0,535	150	–	58,3 – 63	–	1,13	5,35	0,6
1 (14,6°C)	–	–	–	46	–	–	–	t.i
5 (25,7°C)	–	–	–	58	–	–	–	t.i
5 (22,1°C)	0,65	102	–	45	–	–	–	1,6
1,8	0,59	109	–	58	–	–	–	0,43
2,24	0,6 (10-65°)	125,1	62	40 – 50	327 – 518	1,07 - 1,2	5	2,6
–	–	–	–	39,4 – 40	–	–	–	2,8(30°C)
8,8	0,665	138,4	24	22 – 28	438 – 550	1,68 – 1,89	7,3	9,5
32,4	−0,65	159,4	21	12 – 20	420 – 620	2,25 – 3,8	10,2 – 12	∞
95	0,56	263	6,3	− 1 ÷ +9,5	400 – 574	5,5 – 6,72	21 – 37	∞
1	–	–	807	45 – 69	–	–	–	3 – 4
1 (54°C)	0,524 (13°C)	134	–	80 – 81	–	–	–	t.r.i.
0,29	–	–	–	81 – 85	270	0,55	5,34	0,1

Tiếp bảng 1.272

1	2	3	4	5	6	7
80	Propylic	$CH_3CH_2CH_2OH$	60,09	– 127	97,8	0,804
81	Tetrahidrofufurylic	$CH_2(CH_2)_2CHCH_2OH$ └ O ┘	102,13	–	177	1,05
82	Xiclohexylic (hexahidrofenol, xiclohexanol)	$CH_2(CH_2)_4CHOH$ └──┘	100,16	23,9	161	0,962
		Các rượu đa nguyên tử:				
83	1,3-Butilenglicol	$CH_3CHOHCH_2CH_2OH$	90,09	–	206,5	1,02
84	Đietilenglicol	$(HOCH_2CH_2)_2O$	106,12	–6	244,8	1,118
85	Đimetyletilenglicol (2,3-dioxibutan)	$(CH_3CHOH)_2$	90,08	22,5	184	1,048
86	Đipropilenglicol	$(CH_3CHOHCH_2)_2O$	134,17	–	231,8	1,04
87	Etilenglicol (glicol, etandiol-1,2)	$HOCH_2CH_2OH$	62,07	– 15,6	197,4	1,113
88	Glixerin	$CHOH(CH_2OH)_2$	92,09	17,9	290	1,26
89	1,2-Propilenglicol	$CH_3CHOHCH_2OH$	76,09	–	189	1,04
90	Tetraetilenglicol	$(CH_2OCH_2)_3(CH_2OH)_2$	194,22	–	327	1,126
91	Trietilenglicol	$(HOC_2H_4OCH_2)_2$	150,17	–5	290	1,125
		Các ete của rượu đơn nguyên tử:				
92	Đibutyl	$[CH_3(CH_2)_2CH_2]_2O$	130,22	–98	142,4	0,77
93	Đietyl (etyl)	$(C_2H_5)_2O$	74,12	– 116	34,6	0,714
94	Điizoamyl	$[(CH_3)_2CHCH_2CH_2]_2O$	158,28	–	173,4	0,777
95	Điizopropyl	$[(CH_3)_2CH]_2O$	102,17	–60	68,7	0,73
96	Đimetyldioxan	$(CH_3)_2C_4H_6O_2$	116,16	–	117,5	0,927
97	Đioxan-1,4 (đietilen oxit)	$CH_2CH_2OCH_2CH_2$ └ O ┘	88,10	10	101,1	1,033
98	Đipropyl	$(C_2H_5CH_2)_2O$	102,17	– 122	91	0,747
99	Epietilin (glixidyl etyl)	$CH_2-CHCH_2OC_2H_5$ └ O ┘	102,13	–	124 - 126	0,94 (25°C)
		Các ete của rượu đa nguyên tử:				
100	Benzyletilenglicol (benzylglicol)	$C_6H_5CH_2OC_2H_4OH$	152,19	< –75	256	10,7
101	Butylđietilenglicol (butylcacbitol)	$C_4H_9OC_2H_4OC_2H_4OH$	162,22	< –40	231	0,955

8	9	10	11	12	13	14	15	16
14,5	0,66	162,6	11,1	15 – 29	370–590	2,02–2,55	8,7–13,55	∞
–	–	–	–	–	–	–	–	∞
7	0,42	108	403	61 – 68	440–557	1,52	11,1	3,6
10(85,3°C)	–	–	–	40	–	0,62	6,8	∞
1(91,8°C)	–	150	–	124 – 143	229–345	–	–	∞
1 (44°C)	–	–	–	–	–	–	–	∞
1 (73,8°C)	–	–	–	138	–	3,2–3,8	6,35	∞
<0,5	0,561	199,9	2625	110 – 118	380–522	–	–	∞
1 (125°C)	0,58 (0–100°C)	197	–	160 – 177	393–523	–	–	∞
1 (45,5°C)	0,566 (2,8°C)	–	–	97,2 – 107	–	–	–	∞
1 (154°C)	–	–	–	174	–	–	–	∞
1 (114°C)	–	114	–	155 – 196	–	-	–	∞
12,5(25°C)	–	–68	–	25–38	–	–	–	0,05
442	0,56	86	1	–45÷–20	180–491	1,25–2,74	7,7 – 48	7,8
1 (18,6°C)	–	–	–	22	428	–	–	k.t.
120	0,507	68,4	–	–21,5÷–28	443	**2,9**	5,2	0,2 – 0,6
15,4	–	86,2	–	18 – 24	380	–	–	4,33
27	0,42	–	7,3	5 – 18	340–450	1,87 – 2	22–23,41	∞
60(21,6°C)	–	–	12	–	–	–	–	t. i
--	–	–	–	–	–	–	–	18
–	–	–	–	129	-	–	–	0,4
1 (70°C)	–	–	–	78–94	228	–	–	∞

Tiếp bảng I.272

1	2	3	4	5	6	7
102	Butyletilenglicol (butylglicol)	$C_4H_9OC_2H_4OH$	118,17	< –40	271	0,903
103	Đietylđietilenglicol (dietylcacbitol)	$(C_2H_5OC_2H_4)_2O$	162,22	–	188	0,908
104	Đietyletilenglicol (dietylglicol)	$C_2H_5OC_2H_4OC_2H_5$	118,17	–	122	0,842
105	Etylđietilenglicol (etylcacbitol)	$C_2H_5OC_2H_4OC_2H_4OH$	134,17	-76	198	0,99
106	Etyletilenglicol (etylglicol)	$C_2H_5OC_2H_4OH$	90,12	–	135,1	0,93
107	Fenyletilenglicol (fenylglicol)	$C_6H_5OC_2H_4OH$	138,16	12,5	244,7	1 1,109
108	Izopropylglicol	$C_3H_7O(CH_2)_2OH$	104,15	–	144	0,912 (15°C)
109	Metylđietilenglicol (metylcacbitol)	$CH_3OC_2H_4OC_2H_4OH$	120,15	–	193,2	1,035
110	Metylglicol	$CH_3OC_2H_4OH$	76,09	–	124,3	0,965
		Este:				
111	Amyl axetat	$CH_3CO_2(CH_2)_4CH_3$	130,18	–70,8	147,6	0,875
112	Amyl axetat (hỗn hợp các đồng phân)	$CH_3CO_2C_5H_{11}$	130,18	–	105 – 142	~0,87
113	Amyl axetat bậc hai	$CH_3CO_2C_5H_{11}$	130,18	–	120 – 140	~0,86
114	Amyl butirat	$C_3H_7CO_2(CH_2)_4CH_3$	158,23	–73,2	168,4	0,871 (15°C)
115	Amyl fomiat	$HCO_2(CH_2)_4CH_3$	116,16	–73,5	132	~0,88
116	Amyl lactat	$CH_3CHOHCO_2C_5H_{11}$	160,21	–	~210	~0,96
117	Amyl propionat	$C_2H_5CO_2(CH_2)_4CH_3$	144,21	–73,1	168,7	0,876 (15°C)
118	Benzyl axetat	$CH_3CO_2CH_2C_6H_5$	150,17	–51,5	213,5	1,058
119	Benzyl fomiat	$HCO_2CH_2C_6H_5$	136,14	3,6	203,4	1,081
120	Butyl axetat	$CH_3CO_2(CH_2)_3CH_3$	116,16	–76,3	125	0,882
121	Butyl axetat bậc hai	$CH_3CO_2CH(CH_3)C_2H_5$	116,16	–	112,2	0,87
122	Butyl butirat	$C_3H_7CO_2(CH_2)_3CH_3$	144,21	–	166,4	~0,88(15°C)
123	Butyl đietilenglicolaxetat	$CH_3CO(OC_2H_4)_2OC_4H_9$	204,26	–	246	0,987
124	Butyl fomiat	$HCO_2(CH_2)_3CH_3$	102,13	–90	106,9	0,889
125	Butyl glicolat	$HOCH_2CO_2C_4H_9$	132,16	–	178 – 186	1,013
126	Butyl lactat	$CH_3CHOHCO_2(CH_2)_3CH_3$	146,18	–	175 – 195	~0,97

8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,9	–	–	163	60	224	–	–	∞
–	–	–	–	82	–	–	–	∞
20 (14,7°C)	–	–	–	35	–	–	–	t. m. p
5 (72°C)	–	–	–	94,4 – 102	–	–	–	∞
4,5	–	–	43	40 – 49	238 – 258	2,5 – 2,6	10,1 – 15,7	∞
1 (78°C)	–	–	–	121	–	–	–	2 (25°C)
–	–	–	–	–	–	–	–	∞
–	–	–	–	93	229	–	–	∞
10,2	–	135	34,5	36 – 42,8	228 – 229	3	14	∞
15,7	0,507 (30,1°C)	–	13	22 – 38	378	1,1 – 2,2	10	0,2
26 (15°C)	–	–	18	23 – 30	–	–	–	t.i.
–	–	–	–	–	–	–	–	0,2% (25°C)
–	–	–	443	72	–	–	–	0,05(50°C)
–	–	–	40	22 – 27	–	–	–	0,3
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
–	–	–	135	40	–	–	–	k. t.
< 0,5	0,246 (32,8°C)	–	393	93 – 102	410 – 460	0,6	7,3	k. t.
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
18	0,515 (15 – 30°C)	73,8	11,8	18 – 29	422 – 450	1,7 – 3	8,3 – 15	0,7
–	–	–	12	–	–	–	–	4
–	–	–	160	51	–	–	–	t. i.
–	–	–	–	116	–	–	–	6,5
22,6	–	–78	–	17 – 18	270	1,6 – 1,7	8 – 8,5	t. i.
< 1	–	–	430	68	–	–	–	t. m. p.
1	–	–	433	61,5 – 62	–	–	–	~1

Tiếp bảng I.272

1	2	3	4	5	6	7
127	Butyl propionat	$C_2H_5CO_2(CH_2)_3CH_3$	130,18	–	146	0,883 (15°C)
128	Dibutyl cacbonat	$CO[O(CH_2)_3CH_3]_2$	174,23	–	207,7	0,924
129	Đietyl cacbonat	$CO(OC_2H_5)_2$	118,13	–43	125,8	0,975
130	Đietyloxalat	$C_2H_5CO_2CO_2C_2H_5$	146,14	– 40,6	186	1,079
131	Đietyl sunfat	$SO_2(OC_2H_5)_2$	154,18	– 25	210	1,172
132	Điizoamyl cacbonat	$CO[O(CH_2)_2CH(CH_3)_2]_2$	202,29	–	233	0,911
133	Điizobutyl cacbonat	$CO[OCH_2CH(CH_3)_2]_2$	174,23	–	190	0,919 (15°C)
134	Điizopropyl cacbonat	$CO[OCH(CH_3)_2]_2$	146,18	–	147	0,921
135	Đimetyl cacbonat	$CO(OCH_3)_2$	90,08	0,5	89,7	1,07
136	Đimetyl sunfat	$SO_2(OCH_3)_2$	126,13	–26,8	188,8	1,352 (0°C)
137	Đipropyl cacbonat	$CO[O(CH_2)_2CH_3]_2$	146,18	–	168,2	0,946
138	Etyl axetat	$CH_3CO_2C_2H_5$	88,10	–82,4	77,1	0,901
139	Etylaxetoaxetat	$CH_3COCH_2CO_2C_2H_5$	130,14	–45	180	1,025
140	Etylaxetyl glicolat	$CH_3CO_2CH_2CO_2C_2H_5$	146,14	–	181–195	1,094
141	Etyl benzoat	$C_6H_5CO_2C_2H_5$	150,17	–34,2	212,9	1,047
142	Etyl butirat	$C_3H_7CO_2C_2H_5$	116,16	–93,3	120	0,879
143	2-Etylbutyl axetat	$CH_3CO_2C_4H_8(C_2H_5)$	144,21	–	155–164	–
144	Etylbutyl cacbonat	$CO(OC_2H_5)[O(CH_2)_3CH_3]$	146,18	–	169	~ 0,93
145	Etyldiglicol axetat	$CH_3CO_2C_2H_4OC_2H_4OC_2H_5$	176,21	–	208 – 223	–
146	Etyl fomiat	$HCO_2C_2H_5$	74,08	–79	56	0,917
147	Etylglicol axetat	$CH_3CO_2C_2H_4OC_2H_5$	132,16	–	153	0,971
148	Etyl lactat	$CH_3CHOHCO_2C_2H_5$	118,13	–	155	1,031
149	Etyl nitrat	$C_2H_5ONO_2$	91,07	– 102	87,8	1,100
150	Etyloxiizobutirat	$(CH_3)_2COHCO_2C_2H_5$	132,16	–	– 150	0,98
151	Etyl propionat	$C_2H_5CO_2C_2H_5$	102,13	–72,6	99,1	0,891
152	Fufuryl axetat	$CH_3CO_2CH_2C{:}CH{:}CH{:}CH$ O	140,13	–	175	1,118

8	9	10	11	12	13	14	15	16
–	–	–	60	32–45	428	–	–	k. t.
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
30	0,426 (15–30°C)	–73	14	25–48	–	–	–	k. t.
1 (47,4°C)	0,433	68,5	–	75–76	4,10	0,42	2,67	k. t.
1 (47°C)	–	–	–	104	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	83–116	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
74	0,478	88	2,9	từ – 5 đến +2	400–640	2,18–3,55	11–16,8	8,6
1 (28°C)	–	–	–	55	340	0,37	1,22	13 (17°C)
–	–	–	464	82	–	–	–	–
1 (44°C)	0,385	64,4	–	79–143	560–670	0,66	4,9	0,08
15	0,453	74,6	11	18–29	430–612	1,4	8,9	0,68 (25°C)
–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	68	50	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	107–110	–	–	–	∞
206	0,477	98,9	–	từ –22 đến –12	370–577	2,7–3,5	6,4 - 16,5	11,8 (25°C)
1,25	–	–	52	47–51	379–380	1,7–1,71	–	22
1	–	–	80	43–62	–	–	–	∞
–	–	–	–	10	–	3,8	–	1,3 (55°C)
–	–	–	–	–	–	–	–	–
28	0,495 (59,6°C)	–80	5,5	8–15	602	–	4	2,4
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.

Tiếp bảng I.272

1	2	3	4	5	6	7
153	Glicoldiaxetat	$(CH_3CO_2)_2C_2H_4$	146,14	−31	190,5	1,104
154	Glicolmonoaxetat	$CH_3CO_2C_2H_4OH$	104,10	−	182	1,109
155	Hexyl axetat bậc hai	$CH_3CO_2CH(CH_3)C_4H_9$	144,21	−	~147	0,863 (15°C)
156	Izoamyl axetat	$CH_3CO_2(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	130,18	−78,5	142,5	0,875
157	Izoamyl butirat	$C_3H_7CO_2(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	158,23	−	178,6	0,859
158	Izoamyl fomiat	$HCO_2(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	116,16	−	123,5	0,871
159	Izoamylpropionat	$C_2H_5CO_2(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	144,21	−	160,2	0,87
160	Izobutyl axetat	$CH_3CO_2CH_2CH(CH_3)_2$	116,16	−98,9	118	0,871
161	Izobutyl butirat	$C_3H_7CO_2CH_2CH(CH_3)_2$	144,21	−	156,9	0,863 (18°C)
162	Izobutyl fomiat	$HCO_2CH_2CH(CH_3)_2$	102,13	−95,3	98,2	0,885
163	Izobutyl lactat	$CH_3CHOHCO_2CH_2CH(CH_3)_2$	146,18	−	168−200	0,964(30°C)
164	Izopropyl axetat	$CH_3CO_2CH(CH_3)_2$	102,13	−73,4	88,4	0,869
165	Izopropyl fomiat	$HCO_2CH(CH_3)_2$	88,10	−	71,3	0,873
166	Izopropyl lactat	$CH_3CHOHCO_2(CH_3)_2$	132,16	−	167,5	~0,99
167	Linalyl axetat	$CH_3CO_2C_{10}H_{17}$	196,28	−	220	0,895
168	Metoxibutyl axetat	$CH_3CO_2(CH_2)_2CH(OCH_3)CH_3$	146,18	−	167−171	0,956
169	Metylamyl axetat	$CH_3CO_2C_5H_{10}CH_3$	144,21	−	139−145	−
170	Metyl axetat	$CH_3CO_2CH_3$	74,08	−98,7	57,1	0,924
171	Metyl benzoat	$C_6H_5CO_2CH_3$	136,14	−12,5	199,6	1,094
172	Metyl butirat	$C_3H_7CO_2CH_3$	102,13	−97	102,3	0,898
173	Metyl fomiat	HCO_2CH_3	60,05	−99,8	32	0,974
174	Metylglicol axetat	$CH_3CO_2C_2H_4OCH_3$	118,13	−70	144,5	1,001
175	Metyl propionat	$C_2H_5CO_2CH_3$	88,10	−87,5	79,7	0,915
176	Metylxiclohexyl axetat	$CH_3CO_2CH(CH_2)_4CHCH_3$ (vòng)	156,22	−	202	0,94-0,98
177	Metylxiclohexyl fomiat	$HCO_2CH(CH_2)_4CHCH_3$ (vòng)	142,19	−	173−185	0,959
178	Octyl axetat	$CH_3CO_2(CH_2)_7CH_3$	172,26	−38,5	210	0,885 (0°C)
179	Oxitetrahidrofuran axetat	$CH_3CO_2C_4H_7O$	130,14	−	172−175	1,095
180	Propyl axetat	$CH_3CO_2(CH_2)_2CH_3$	102,13	−92,5	101,3	0,886
181	Propyl butirat	$C_3H_7CO_2(CH_2)_2CH_3$	130,18	−95,2	142,7	0,879 (15°C)
182	Propyl fomiat	$HCO_2(CH_2)_2CH_3$	88,10	−92,9	81,3	0,901
183	Propyl propionat	$C_2H_5CO_2(CH_2)_2CH_3$	116,16	−76	123,4	0,883

8	9	10	11	12	13	14	15	16
1(38,3°C)	–	–	–	104	–	–	–	14,3 (22°C)
–	–	–	606	102	–	–	–	∞
–	–	–	–	–57	–	–	–	0,13
6	~0,46	66	13	25–38	379–430	0,2–2,2	4,35–10	0,2
1	–	–	–	62	400	0,62	3,3	3,95
10(17,1°C)	–	72	–	21	280	1,44	6,75	0,3 (22°C)
5(33,7°C)	–	–	–	63	–	–	–	k. t.
12,8	0,505(70,2°C)	74	7,7	18	520	2,4	10,5	0,75
5(30°C)	–	–	92	61	–	–	–	k. t.
40(24,1°C)	0,493(58,2°C)	78,6	–	8	330	1,98	4,34	1,1(22°C)
–	–	–	–	–	–	–	–	k. t.
63	~ 0,48	77,4	4,2	0–4,5	400–461	2–3,4	9	3
100(17,8°C)	–	–	–	–6÷–5,5	460	3,6	10,7	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–
1(55,4°C)	–	–	–	91	280	0,98	2,6	t. r. i.
–	–	–	7,5	60	–	–	–	8
–	–		–	–	–	–	–	–
174	0,5	98,3	2,2	–15,5÷–7	470–654	2,2–4,1	12,8–15,6	31,9
1(39°C)	0,328	–69	–	–	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	14	–	–	–	1,7
478	0,55	117,1	–	–22÷–19	420–449	4,4–6	20–28,7	30,4
7,3	–	–	35	44–56	–	2,8	8,8	∞
60(18,7°C)	–	–	–	–2	–	–	–	0,5
–	–	–	554	62–65	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	64	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	68-82	232	0,84	3,2	k. t.
–	–	–	170	–	–	–	–	–
25,6	0,473(17–65°C)	80,5	6,1	10–14,5	461–662	1,9–2,05	6,3	1,89
5(22,1°C)	–	–	73	50	–	–	–	t. r. i.
64,1	0,485(9–57°C)	–88	–	–5÷–2,8	400	2,36	7,75	2,79
10(19,4°C)	–	–	39	40	–	–	–	0,6

Tiếp bảng I.272

1	2	3	4	5	6	7
184	Xiclohexyl axetat	$CH_3CO_2CH(CH_2)_4CH_2$	142,19	–	177	0,966
185	Xiclohexyl fomiat	$HCO_2CH(CH_2)_4CH_2$	128,09	<0	162,5	0,973
		Các xeton:				
186	Axeton (dimetylxeton)	$(CH_3)_2CO$	58,08	–94,6	56,5	0,792
187	Axetonylaxeton	$(CH_3COCH_2)_2$	114,14	–9	194	0,974
188	Điizopropylxeton	$[(CH_3)_2CH]_2CO$	114,18	–	123,7	0,806
189	Đipropylxeton	$(C_2H_5CH_2)_2CO$	114,18	–32,6	144,2	0,821 (15°C)
190	Foron	$[(CH_3)_2C=CH]_2CO$	138,20	28	198,5	0,885
191	Izoforon	$HCC(CH_3)CH_2C(CH_3)_2CH_2CO$	138,20	–	214	0,923
192	Metylbutylxeton	$CH_3CO(CH_2)_3CH_3$	100,16	–56,9	127,2	0,83 (0°C)
193	Metyletylxeton	$CH_3COC_2H_5$	72,10	–85,9	79,6	0,805
194	Metylizobutylxeton	$CH_3COCH_2CH(CH_3)_2$	100,16	–84,7	117,9	0,810
195	Metylpropylxeton	$CH_3CO(CH_2)_2CH_3$	86,13	–77,8	102	0,812
196	Metylxiclohexanon (hỗn hợp các đồng phân)	$CH_3C_6H_9O$	112,17	–	160–175	0,924
197	Mezityl oxit	$(CH_3)_2C=CHCOCH_3$	98,14	–59	135	0,863
198	Xiclohexanon	$CH_2(CH_2)_4CO$	98,14	–45	156,7	0,948
		Các hợp chất loại khác:				
199	Axetat	$CH_3CH(OC_2H_5)_2$	118,17	–	102,2	0,821 (22°C)
200	Cacbon disunfua	CS_2	76,13	–108,6	46,3	1,263
201	Fufurol	C_4H_3OCHO	96,08	–38,7	161,7	1,159
202	Metylal	$CH_2(OCH_3)_2$	76,09	–104,8	43	0,888 (18°C)
203	Nitrobenzen	$C_6H_5NO_2$	123,11	5,7	210,9	1,203
204	Nitroetan	$C_2H_5NO_2$	75,07	–90	114,8	–1,05
205	Nitrometan	CH_3NO_2	61,04	–28,5	101,1	1,13
206	Izonitropropan	$C_3H_7NO_2$	89,09	–93	120,3	1,024(0°C)
207	1-Nitropropan	$C_2H_5CH_2NO_2$	89,09	–108	131,6	1,011 (15°C)
208	Nitroxiclohexan	$CH_2(CH_2)_4CHNO_2$	129,09	–34	205,5	1,068
209	Piridin	C_5H_5N	79,10	–42	115,6	0,982
210	Trioxan (*m*-fomandehit trioximetilen)	$(CH_2O)_3$	90,08	64	115	1,17 (65°C)

8	9	10	11	12	13	14	15	16
–	–	–	77	57,6–60	–	–	–	k. t.
–	–	–	–	51	–	–	–	k. t.
180	0,515	125	2,1	– 20÷+1,8	500–724	2– 3	9–13	∞
–	–	–	–	–	–	–	–	∞
5(26,5°C)	–	–	–	–	–	–		k.t.
1(23°C)	0,714 (65-67)	75,5	–	49	–	–	–	0,43
1(42°C)	–	–	–	–	–	–	–	0,1(50°C)
0,31	–	–	–	96	–	–	–	k. t.
5 (28,8°C)	–	–	–	35	–	1,22	8	t. r. i.
77,5	0,55	103,5	6,3	– 14÷+1,1	360	1,8 –2	9,5–12	37
5 (19,7°C)	–	86	19	17–23	590	1,22	8	2
10 (17,9°C)	–	–	–	15,5–16	–	1,55	8,15–8,2	t. r. i.
–	–	–	47	45–55	–	–	–	2 - 3
8	–	–	12,8	28	–	–	–	3
8,5	0,433	109	40,4	34-47	495	0,92–1,1	3,46–9	5
20 (19,6°C)	0,52(19-99°C)	66,2	–	–	–	–	–	6,25(0°C)
298	0,24	84,1	1,8	–43÷– 20	105–149	1–1,94	50–81,3	0,22
1 (18,5°C)	–	107,5	–	55–68	260–393	1,84–2,1	3,4	8,3
26,5 (16,5°C)	0,52 (15°C)	~90	–	–	–	–	–	33
0,26	0,385 (30°C)	79,2	–	–20÷+92,2	495–556	–	–	0,2
15,6	–	92	17,1	41	200	3 – 3,01	50	4,5
27,8	0,365	114,7	21,2	44	–	–	–	9,5
12,9	–	–	14,6	40	–	–	–	1,7
7,5	–	116	11,8	49	–	–	–	1,4
–	–	–	–	–	–	–	–	15
15,4	0,423	102	–	20 - 23,3	573	1,8 - 1,81	12,4	∞
13 (25°C)	–	–	–	–	–	–	·	21 (25°C)

Bảng I.273. **Tính chất lý hóa của một số chất khí [21.336,28.552]**

Thứ tự	Tên chất khí	Công thức hóa học	Khối lượng mol M	Khối lượng riêng ρ ở 0°C và 760 mmHg, kg/m³	Nhiệt độ sôi t_s ở 760 mmHg, °C	Hằng số khí R
1	Agon	Ar	39,944	1,78	−185,7	209
2	Amoniac	NH_3	17,031	0,77	−35,35	488
3	Axetilen	C_2H_2	26,04	1,171	−83,6	320
4	Axeton	C_3H_6O	58,08	2,595	56,1	–
5	Benzen	C_6H_6	78,1	–	+80,25	106
6	Butan	C_4H_{10}	58,1	2,673	−0,5	143
7	Butilen	C_4H_8	56,1	–	−6,25	148,2
8	Cacbon dioxit	CO_2	44,01	1,917	−78,2	189
9	Cacbon oxit	CO	28,01	1,25	−191,47	297
10	Clo	Cl_2	70,914	3,214	−33,8	117
11	Cloetan	C_2H_5Cl	64,5	–	12,2	129
12	Clometan	CH_3Cl	50,5	2,30	−23,8	165
13	Đihidro sunfua	H_2S	34,08	1,539	−60,2	244
14	Etan	C_2H_6	30,07	1,357	−88,7	277
15	Etilen	C_2H_4	28,1	1,26	−103,7	297
16	Freon-11	$CFCl_3$	137,4	6,14	−24,1	60,5
17	Freon-12	CF_2Cl_2	120,9	5,39	−29,8	68,9
18	Freon-13	CF_3Cl	114,5	5,12	−81,5	72,5
19	Heli	He	4,003	0,1785	−268,9	2080
20	Hidro	H_2	2,0156	0,0899	−252,7	4130
21	Hơi nước	–	18	0,805	100	–
22	Không khí	–	28,96	1,293	−195	287
23	Kripton	Kr	83,7	3,0708	−153,2	100
24	Lưu huỳnh đioxit	SO_2	64,06	2,926	−40,02	130
25	Metan	CH_4	16,04	0,7168	−161,58	519
26	Neon	Ne	20,183	0,9	−245,9	413
27	Nitơ	N_2	28,016	1,25	−195,8	297
28	Nitơoxit	NO	30,008	1,3402	−151,0	281
29	Oxi	O_2	32,000	1,429	−182,9	260
30	Pentan	C_5H_{12}	72,1	–	36,1	115
31	Propan	C_3H_8	44,1	2,019	−42,54	189
32	Propilen	C_3H_6	42,1	2,915	−47,75	198

Nhiệt độ tới hạn t_{th}, °C	Áp suất tới hạn p_{th}, at	Hệ số dẫn nhiệt λ ở °C và 760 mmHg W/m.độ	Nhiệt dung riêng ở 0°C và p = 1 at		$K = C_p/C_v$	Nhiệt hóa hơi ở 760 mm Hg $r_{hh}.10^{-3}$, J/kg	Nhiệt nóng chảy $q_{nc}.10^{-3}$, J/kg	Độ nhớt ở 0°C và p = 1 at	
			$C_p.10^{-3}$ J/kg.độ	$C_v.10^{-3}$ J/kg.độ				$\mu_o.10^6$ N.s/m²	hằng số C trong phương trình (I.20)
– 122	48	0,0173	0,53	0,323	1,66	163,0	28,05	20,9	142
132,4	111,5	0,0215	2,22	1,68	1,29	1374,0	351,0	9,18	626
36	61,7	0,0184	1,68	1,36	1,24	830	–	9,35	198
235,5	48,1	–	–	–	–	–	–	-	–
288,5	47,7	0,0088	1,25	1,14	1,1	394	128,1	7,2	–
153	36	0,0135	1,92	1,80	1,108	387	80	8,1	77
147,2	40	–	–	–	–	402	–	7,61(25°C)	–
31,1	73	0,0137	0,838	0,654	1,3	574	189,5	13,7	254
140,2	34,53	0,0226	1,05	0,754	1,4	212	33,5	16,6	100
144	76,1	0,0072	0,482	0,355	1,36	306	126	12,9(16°C)	351
187,2	52,6	0,0087	1,34	–	–	135	–	9,38(20°C)	–
134,1	65,8	0,0085	0,742	0,582	1,28	406	–	9,89	454
100,4	88,9	0,0131	1,06	0,804	1,3	549	77,6	11,66	–
32	48,2	0,0180	1,73	1,45	1,2	486	122	8,5	287
9,5	50,7	0,0164	1,53	1,26	1,2	482	119,2	9,85	241
196	42,9	0,00755	–	–	–	183,5	–	–	–
111,7	39,6	0,086	–	–	–	167	–	–	–
287,5	38,1	–	–	–	–	149	–	–	–
– 267,9	2,261	0,144	5,28	3,18	1,66	19,5	5,7	18,8	78
– 239,9	12,8	0,163	14,3	10,14	1,407	455	58,7	8,42	73
374	224,7	–	2,01	–	–	2257	334	–	–
– 140,7	37,2	0,0244	1,01	0,721	1,4	197	–	17,3	124
– 62,6	54,24	0,00835	0,0251	0,0151	1,67	107,5	79,6	23,2	–
157,2	77,7	0,0077	0,646	0,503	1,29	393	134,9	1,17	–
– 82,1	45,8	0,03	2,23	1,70	1,31	511	60,8	10,3	162
– 228,7	26,86	0,0444	1,04	0,62	1,68	86	14,2	29,7	–
– 147,13	33,49	0,0228	1,05	0,746	1,4	199,4	25,5	17	114
– 94	65	0,022	0,975	0,696	1,38	447	77,1	17,6	–
– 118,82	49,71	0,024	0,913	0,654	1,4	213	13,8	20,3	131
197,2	33	0,0128	1,72	1,58	1,09	360	–	8,74	–
95,6	43	0,0148	1,87	1,65	1,13	427	80,5	7,95(18°C)	278
92	45,4	–	1,63	1,44	1,17	440	71,7	8,35(20°C)	322

Bảng I.274. **Tính chất lý hóa của các chất khí ở áp suất khí quyển [21.338]**

Nhiệt độ t, °C	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda.10^3$, W/m.độ	Độ nhớt $\mu.10^5$, Ns/m²	Chuẩn số Pr	Độ nhớt động $\nu.10^6$, m²/s	Nhiệt dung riêng C_p, kJ/kg.độ	Tỉ số C_p/C_v	Hệ số dẫn nhiệt độ $a.10^5$, m²/s	Khối lượng riêng ρ, kg/m³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Nitơ N_2				
0	24,32	1,666	0,705	13,3	1,03	1,402	1,915	1,250
100	31,54	2,068	0,678	22,5	1,034	1,400	1,222	0,916
200	38,5	2,422	0,656	33,6	1,042	1,394	5,085	0,723
300	44,85	2,762	0,652	46,4	1,060	1,385	7,1	0,597
400	50,7	3,09	0,659	60,9	1,081	1,375	9,26	0,568
500	55,83	3,394	0,672	76,9	1,105	1,364	11,42	0,442
600	60,4	3,69	0,689	94,3	1,128	1,355	13,67	0,392
700	64,2	3,97	0,710	113	1,192	1,345	15,85	0,352
800	67,5	4,225	0,734	133	1,211	1,337	18,2	0,318
900	70,2	4,5	0,762	154	1,23	1,331	20,34	0,291
1000	72,4	4,75	0,745	177	1,245	1,323	22,3	0,268
				Hidro H_2				
0	172,2	0,836	0,688	93,0	14,4	1,402	13,5	0,0899
100	220	1,03	0,677	157	14,45	1,400	23,21	0,0657
200	264	1,206	0,666	283	14,51	1,394	35	0,0519
300	307,4	1,381	0,655	323	14,53	1,385	59,4	0,0428
400	348	1,54	0,644	423	14,6	1,375	65,6	0,0367
500	388	1,686	0,640	534	14,66	1,364	83,4	0,0317
600	427	1,835	0,635	656	14,8	1,355	102,8	0,028
700	463	1,97	0,637	785	14,94	1,345	123	0,0252
800	500	2,108	0,638	924	15,1	1,337	145,1	0,0228
900	537	2,235	0,640	1070	15,3	1,331	167,5	0,0209
1000	572	2,37	0,644	1230	15,52	1,323	191	0,0192
				Oxi O_2				
0	24,66	1,94	0,720	13,6	0,9146	1,397	1,89	1,429
100	32,94	2,47	0,686	23,1	0,933	1,385	3,36	1,05
200	40,7	2,855	0,674	34,6	0,9623	1,370	4,33	0,826
300	48,1	3,27	0,673	47,8	0,994	1,353	7,06	0,682
400	55,1	3,53	0,675	62,8	1,023	1,340	9,25	0,580
500	61,5	4,00	0,682	79,6	1,049	1,364	11,66	0,504
600	67,5	4,35	0,689	97,8	1,067	1,321	14,11	0,447
700	73	4,70	0,700	117	1,084	1,314	16,67	0,402
800	77,8	5,02	0,710	138	1,100	1,307	19,44	0,363
900	82	5,34	0,725	161	1,11	1,304	22,13	0,333
1000	86	5,65	0,738	184	1,123	1,300	25,00	0,306

Tiếp bảng I.274

1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Không khí khô				
0	24,423	1,717	0,707	13,3	1,006	1,400	1,878	1,293
100	32,309	2,188	0,688	23,0	1,010	1,397	3,361	0,946
200	39,309	2,600	0,680	34,8	1,027	1,390	5,112	0,747
300	45,055	2,972	0,674	48,2	1,048	1,378	7,139	0,616
400	52,102	3,306	0,678	63,0	1,068	1,366	9,306	0,524
500	57,452	3,620	0,687	79,3	1,094	1,357	11,529	0,456
600	62,307	3,914	0,699	96,8	1,115	1,345	13,862	0,404
700	67,105	4,180	0,706	115,	1,135	1,337	16,307	0,363
800	71,757	4,434	0,713	135,	1,156	1,330	18,946	0,328
900	76,293	4,670	0,717	155,	1,173	1,325	21,613	0,301
1000	80,712	4,905	0,719	178,	1,186	1,320	24,669	0,276
				Cacbon oxit CO				
0	23,26	1,66	0,740	13,3	1,04	1,400	1,795	1,250
100	30,18	2,07	0,718	22,6	1,044	1,397	3,14	0,916
200	36,5	2,44	0,708	33,9	1,057	1,389	4,97	0,723
300	42,0	2,794	0,709	47,0	1,008	1,379	6,61	0,596
400	48,6	3,12	0,711	61,8	1,105	1,367	8,64	0,508
500	54,1	3,44	0,720	78,0	1,131	1,354	10,8	0,442
600	59,7	3,74	0,727	96,0	1,155	1,344	13,15	0,392
700	65,0	4,04	0,706	115	1,178	1,335	15,74	0,351
800	70,2	4,324	0,739	135	1,198	1,329	18,56	0,317
900	77,5	4,60	0,740	157	1,215	1,321	21,33	0,291
1000	80,6	4,87	0,744	180	1,23	1,317	24,47	0,268
				Lưu huỳnh đioxit SO_2				
0	8,37	1,205	0,874	4,14	0,607	1,272	0,473	2,926
100	12,32	1,608	0,863	7,51	0,661	1,243	0,874	2,140
200	16,61	2,0	0,856	11,8	0,711	1,223	1,246	1,690
300	21,16	2,382	0,848	17,1	0,754	1,207	2,02	1,395
400	25,8	2,76	0,834	23,3	0,783	1,198	2,78	1,187
500	30,7	3,49	0,822	30,4	0,808	1,191	2,67	1,033
600	35,8	3,6	0,806	38,3	0,825	1,187	4,73	0,916
700	41,1	3,86	0,788	46,8	0,837	1,184	5,985	0,892
800	46,2	4,22	0,774	56,5	0,85	1,179	7,345	0,734
900	51,9	4,57	0,755	66,8	0,858	1,177	8,90	0,681
1000	57,6	4,92	0,740	78,3	0,866	1,175	10,62	0,628
				Amoniac NH_3				
0	21,2	0,935	0,908	12,2	2,041	1,31	1,336	0,7716
100	34,0	1,304	0,852	23,2	2,22	1,28	2,72	0,564
200	48,7	1,67	0,818	38,0	2,4	1,26	4,58	0,445
300	65,5	2,06	0,812	56,4	2,580	1,24	6,9	0,368
400	84,0	2,43	0,796	78,7	2,744	1,22	9,76	0,313
500	103,6	2,82	0,793	104	2,92	1,2	13,05	0,272
600	124,5	3,20	0,792	134	3,08	1,19	16,7	0,241

Tiếp bảng I.274

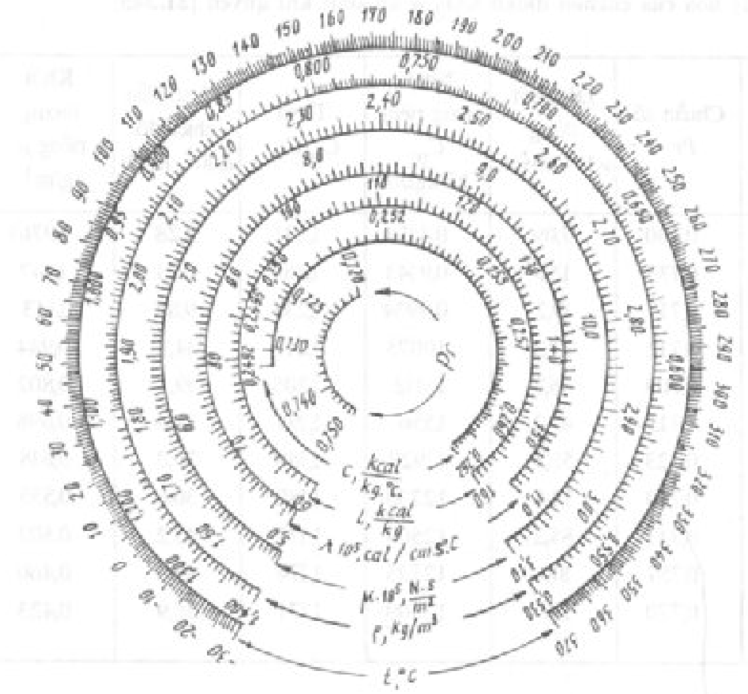
1	2	3	4	5	6	7	8	9
700	147,8	3,6	0,791	168	3,24	1,18	21,07	0,217
800	171	3,99	0,793	205	3,40	1,17	25,75	0,196
900	196,6	4,41	0,798	247	3,55	1,16	30,84	0,179
1000	231,4	4,78	0,800	291	3,71	1,15	36,4	0,155
Axeton C_3H_6O								
0	9,73	0,687	0,886	–	1,256	1,13	0,606	–
100	17,33	0,941	0,840	5,07	1,537	1,103	1,023	1,87
200	26,9	1,206	0,806	8,22	1,79	1,086	1,57	1,47
300	38,6	1,47	0,774	12,1	2,02	1,076	2,265	1,22
400	52,15	1,736	0,743	16,9	2,233	1,067	3,08	1,03
500	67,5	2,00	0,720	22,3	2,43	1,062	4,08	0,901
600	75,7	2,275	0,695	28,3	2,587	1,059	–	0,799
Benzen C_6H_6								
0	9,23	0,698	0,716	–	0,942	1,127	0,511	–
100	17,34	0,721	0,554	3,74	1,335	1,086	0,837	2,55
200	28,2	1,21	0,719	5,99	1,69	1,067	1,283	2,01
300	41,6	1,464	0,688	8,80	1,955	1,057	1,861	2,66
400	57,6	1,72	0,652	12,1	2,18	1,050	2,62	1,41
500	78	1,975	0,614	15,9	2,37	1,047	3,5	1,23
600	96,4	2,232	0,585	20,4	2,522	1,044	–	1,09
Toluen C_7H_8								
0	12,91	0,661	0,748	–	1,03	1,097	–	–
100	–	0,886	–	–	1,41	1,068	–	–
200	–	1,102	–	4,65	1,75	1,054	–	2,38
300	–	1,324	–	6,75	2,045	1,045	–	1,96
400	–	1,54	–	9,23	2,295	1,040	–	1,667
500	–	1,747	–	12,0	2,51	1,036	–	1,45
600	–	1,962	–	15,3	2,667	1,034	–	1,28
Cacbon tetraclorua CCl_4								
0	5,99	0,924	0,802	–	0,52	1,116	–	–
100	8,75	1,23	0,828	2,45	0,588	1,101	0,294	5,02
200	11,63	1,53	0,816	3,86	0,621	1,095	0,461	3,97
300	14,56	1,823	0,796	5,59	0,640	1,092	0,70	3,275
400	17,8	2,137	0,776	7,64	0,655	1,090	0,974	2,79
500	21,2	2,40	0,758	9,96	0,667	1,088	1,31	2,42
600	24,55	2,685	0,741	12,6	0,676	1,087	1,676	2,15
Ete etylic $C_4H_{10}O$								
0	13,04	0,685	0,476	–	1,44	1,084	–	–
100	22,8	0,928	0,748	3,83	1,843	1,065	0,512	2,42
200	35	1,167	0,736	6,12	2,222	1,053	0,82	1,91
300	50,1	1,401	0,727	8,92	2,59	1,045	1,225	1,57
400	67,4	1,647	0,720	12,2	2,942	1,039	1,704	1,34
500	86,3	1,883	0,714	16,1	3,273	1,036	2,26	1,17
600	108,2	2,12	0,716	20,5	3,61	1,032	2,886	1,03

Bảng I.275. Tính chất lý hóa của cachon đioxit CO_2 ở áp suất khí quyển [21.345]

Nhiệt độ t, °C	Độ dẫn nhiệt $\lambda.10^3$, W/m.độ	Độ nhớt động lực $\mu.10^5$, N.s/m²	Chuẩn số Pr	Độ nhớt động $\nu.10^6$, m²/s	Nhiệt dung riêng C_p, kJ/kg.độ	Tỉ số C_p/C_v	Hệ số dẫn nhiệt độ $a.10^2$, m²/h	Khối lượng riêng ρ, kg/m³
0	14,658	1,403	0,780	7,09	0,8154	1,301	3,28	1,9767
100	23,027	1,825	0,733	12,6	0,9143	1,260	6,21	1,447
200	30,936	2,237	0,715	19,2	0,9934	1,235	9,83	1,143
300	39,077	2,639	0,712	27,3	1,0075	1,217	14,1	0,944
400	47,218	3,022	0,709	36,7	1,1112	1,205	19,1	0,802
500	54,894	3,394	0,713	47,2	1,556	1,195	24,6	0,698
600	62,104	3,767	0,723	58,3	1,1929	1,188	30,8	0,618
700	68,850	4,110	0,730	71,4	1,2238	1,180	36,6	0,555
800	75,130	4,463	0,741	85,3	1,2503	1,177	43,2	0,502
900	80,945	4,816	0,757	100	1,2725	1,174	49,9	0,460
1000	86,295	5,150	0,770	116	1,2909	1,171	56,9	0,423

Bảng I.276. Tính chất lý hóa của cachon đioxit CO_2 trên đường bão hòa [21.346]

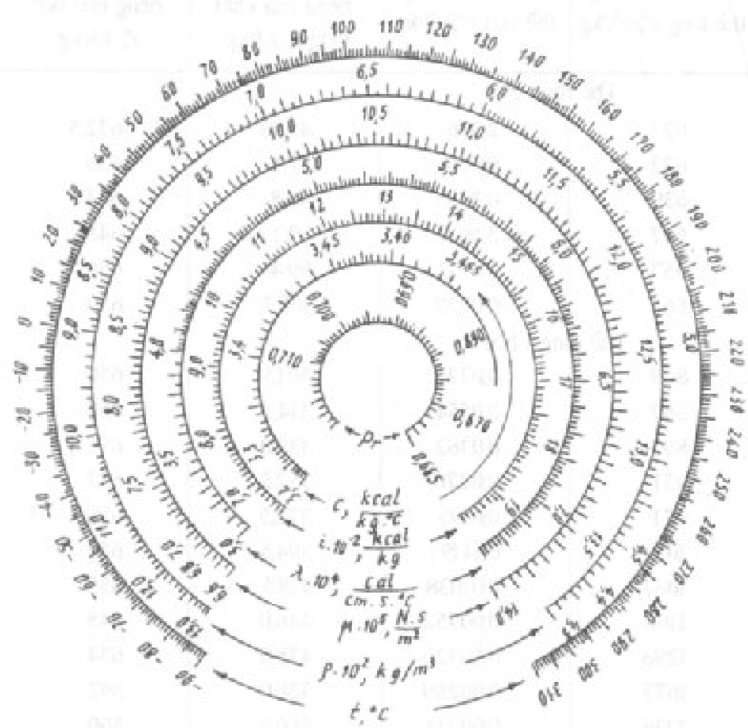
Nhiệt độ t, °C	Áp suất p, at	Thể tích riêng thể lỏng v',m³/kg	Thể tích riêng thể hơi v'',m³/kg	Nhiệt lượng riêng của chất lỏng i', kJ/kg	Nhiệt lượng riêng của hơi i'', kJ/kg
		Thể rắn - hơi			
−100	0,142	627	2,336	45,75	632,5
−90	0,379	632	0,920	57,1	638
−80	0,914	639	0,398	68,8	644
−70	2,02	647	3,1854	82,1	648
−60	4,18	657	0,0912	99,4	650
−56,6	5,28	661	0,0722	105,7	650
		Thể lỏng - hơi			
−56,6	5,28	849	0,0722	301,5	650
−50	6,97	867	0,0554	314,1	652
−40	10,25	897	0,0382	333,0	655
−30	14,55	931	0,0270	352,5	657
−20	20,06	971	0,0195	372,5	658
−10	26,99	1019	0,1419	394,5	657
0	35,54	1081	0,01038	418,6	655
10	45,95	1166	0,00752	446,0	648
20	58,46	1298	0,00526	478,0	634
30	73,44	1677	0,00299	528,0	592
31,4	75,28	2138	0,00214	560,0	560



Cách dùng. Qua tâm và một điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ, kẻ một đường thẳng. Các giao điểm của đường thẳng này với những thang chia tương ứng sẽ cho giá trị của những tính chất lý hóa cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.82. **Toán đồ để xác định tính chất lý hóa của cacbon oxit CO ở áp suất khí quyển [49.253]**



Cách dùng. Qua tâm và một điểm ứng với giá trị đã cho của nhiệt độ, kẻ một đường thẳng. Các giao điểm của đường thẳng này với những thang chia tương ứng sẽ cho giá trị của những tính chất lý hóa cần tìm.

Toán đồ xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm.

Hình I.83. **Toán đồ để xác định tính chất lý hóa của hidro ở áp suất khí quyền [49.252]**

Bảng I.277. Tính chất lý hóa của khói ở áp suất 760 mmHg

(áp suất riêng của các thành phần là $p_{CO_2} = 0,13$; $p_{H_2O} = 0,11$; $p_N = 0,76$)

Nhiệt độ t, °C	Khối lượng riêng ρ, kg/m³	Nhiệt dung riêng C_p, kJ/kg.độ	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda.10^2$, Wm.độ	Độ nhớt động lực $\mu.10^6$, N.s/m²	Độ nhớt động $\nu.10^6$, m²/s	Hệ số dẫn nhiệt độ $a.10^5$, m²/s	Chuẩn số P_r
0	1,295	1,043	2,38	15,79	12,20	1,69	0,72
100	0,950	1,067	3,13	20,40	21,54	3,081	0,69
200	0,748	1,100	4,01	24,50	32,80	4,890	0,67
300	0,617	1,123	4,84	28,25	45,81	6,98	0,65
400	0,525	1,154	5,70	31,70	60,38	9,43	0,64
500	0,457	1,182	6,56	34,90	76,30	12,11	0,63
600	0,405	1,215	7,42	37,90	93,61	15,1	0,62
700	0,363	1,240	8,27	40,70	112,1	18,4	0,61
800	0,330	1,265	9,15	43,40	131,8	21,98	0,60
900	0,301	1,290	10,00	45,90	152,5	25,80	0,59
1000	0,275	1,315	10,9	48,40	174,3	30,35	0,58
1100	0,257	1,326	11,75	50,70	197,1	34,60	0,57
1200	0,240	1,340	12,63	53,02	221,0	39,25	0,56

Bảng I.278. Tính chất lý hóa của thủy ngân và hơi thủy ngân trên đường bão hòa [21.391]

Nhiệt độ sôi t_s, °C	Áp suất hơi p, at	Nhiệt lượng riêng của chất lỏng i', kJ/kg	Nhiệt lượng riêng của hơi i'', kJ/kg	Nhiệt hóa hơi r_{hh}, kJ/kg	Thể tích riêng của chất lỏng, v', m³/kg	Thể tích riêng của hơi v'', m³/kg
1	2	3	4	5	6	7
118,5	0,0010	16,58	318,08	302,5	0,0000752	165,9
128,4	0,0016	17,72	320,12	302,4	0,0000753	113,0
134,6	0,002	19,05	321,15	302,1	0,0000754	86,16
144,1	0,003	19,92	321,92	302,0	0,0000755	58,78
151,2	0,004	20,86	322,76	301,9	0,0000756	44,84
161,5	0,005	22,25	323,45	301,2	0,0000758	30,62
168,9	0,008	23,35	323,45	301,1	0,0000759	23,35
175,0	0,10	24,25	325,25	301,0	0,0000760	18,94
186,6	0,015	25,80	326,70	300,9	0,0000761	12,95
195,0	0,02	27,00	327,40	300,4	0,0000762	9,893
207,6	0,03	28,70	329,1	300,4	0,0000764	6,772
216,9	0,04	30,00	330,0	300,0	0,0000765	5,178
221,5	0,05	31,01	330,81	299,8	0,0000766	4,206
230,9	0,06	31,96	331,56	299,6	0,0000767	3,550

Tiếp bảng I.278

1	2	3	4	5	6	7
241,0	0,08	33,45	332,85	299,4	0,0000769	2,716
249,6	0,10	34,55	333,65	299,1	0,0000770	2,209
256,7	0,12	35,50	334,4	298,9	0,0000771	1,866
262,7	0,14	36,34	334,94	298,6	0,0000772	1,618
268,0	0,16	37,10	335,5	298,4	0,0000772	1,430
272,9	0,18	37,75	336,95	298,2	0,0000773	1,282
277,3	0,20	38,35	336,35	298,0	0,0000774	1,1630
286,7	0,25	39,60	337,4	297,9	0,0000775	0,9464
294,4	0,30	40,70	338,4	297,7	0,0000776	0,7995
301,7	0,35	41,70	339,2	297,5	0,0000777	0,6941
308,0	0,40	42,60	340,2	297,4	0,0000779	0,6140
318,8	0,5	44,20	341,4	297,2	0,0000780	0,5003
328,0	0,6	45,40	342,1	296,7	0,0000781	0,4234
335,9	0,7	46,60	343,1	296,5	0,0000783	0,3677
340,7	0,8	47,60	343,8	296,2	0,0000783	0,3253
349,2	0,9	48,40	344,4	296,0	0,0000784	0,2922
355,9	1,0	49,30	345,1	295,8	0,0000785	0,2655
365,8	1,2	50,80	346,3	295,5	0,0000787	0,2240
374,0	1,4	52,75	347,95	295,2	0,0000788	0,1953
381,9	1,6	53,00	347,9	294,9	0,0000789	0,1730
389,3	1,8	54,15	348,95	294,8	0,0000790	0,1555
395,8	2,0	55,00	349,7	294,7	0,0000794	0,1414
401,7	2,2	55,9	350,45	294,55	0,0000792	0,1296
407,4	2,4	56,75	351,15	294,40	0,0000793	0,1198
412,4	2,6	57,46	351,71	294,25	0,0000794	0,1114
417,0	2,8	58,25	352,3	294,05	0,0000794	0,1043
422,4	3,0	58,80	352,7	293,9	0,0000795	0,09798
432,8	3,5	60,40	354,0	293,6	0,0000797	0,08524
442,4	4,0	61,80	355,1	293,3	0,0000798	0,0558
451,0	4,5	63,00	356,0	293,0	0,0000799	0,06801
458,0	5,0	64,20	356,9	292,7	0,0000801	0,06487
466,8	5,5	65,7	358,1	292,4	0,0000802	0,05682
472,8	6,0	66,2	358,5	292,3	0,0000803	0,05254
479,1	6,5	67,1	359,0	291,9	0,0000804	0,04891
485,1	7,0	67,9	359,5	291,6	0,0000805	0,04578
496,3	8,0	69,6	360,8	291,3	0,0000806	0,04065
506,3	9,0	71,1	361,1	290,0	0,0000808	0,03660
515,5	10,0	72,3	363,0	290,7	0,0000809	0,03383
532,3	12,0	74,8	364,9	290,1	0,0000812	0,02837
546,7	14,0	76,9	366,4	289,5	0,0000814	0,02476
559,8	16,0	79,1	368,1	289,0	0,0000816	0,02200
571,4	18,0	80,8	369,3	288,5	0,0000818	0,01933
582,4	20,0	82,3	370,3	288,0	0,0000819	0,01803
606,5	25,0	85,8	372,7	286,9	0,0000823	0,01847

§ 12. Bảng đơn vị đo lường

Bảng I.279. Bảng đơn vị đo lường hợp pháp và hệ số chuyển từ các hệ đơn vị khác sang hệ hợp pháp

Đại lượng	Hệ đơn vị	Đơn vị đo	Hệ số chuyển sang hệ hợp pháp
1	2	3	4
Chiều dài	hệ hợp pháp	mét (m)	–
	hệ MKS	mét (m)	–
	hệ CGS	centimét (cm)	10^{-2}
	hệ Anh	insơ (in)	$25{,}4.10^{-3}$
	ngoại hệ	angstrom (A)	10^{-10}
Khối lượng	hệ hợp pháp	kilogam (kg)	–
	hệ MKS	đơn vị khối lượng kĩ thuật (kg l . s^2/m)	9,81
	hệ CGS	gam (g)	10^{-3}
Lực	hệ hợp pháp	niutơn (N)	–
	hệ MKS	kilôgam lực (kgl)	9,81
	hệ CGS	đyn (đyn)	10^{-5}
Nhiệt độ	hệ hợp pháp	độ Kenvin (°K)	–
	nhiệt giai thực dụng quốc tế	độ Xenxiut (°C)	t°C = (t+273,15)°K
Góc phẳng	hệ hợp pháp	radian (rad)	–
		độ (°)	$\frac{\pi}{180}$
		phút (')	$\frac{\pi}{10800}$
Áp suất	hệ hợp pháp	niutơn trên mét vuông (N/m^2)	–
	hệ MKS	kilôgam lực trên mét vuông (kgl/m^2)	9,81
	hệ CGS	đyn trên centimét vuông (đyn/cm^2)	10^{-1}
	ngoại hệ	bar (bar)	10^{-5}
	-	milimét cột nước (mm H_2O)	9,81
	-	milimét cột thủy ngân (mm Hg) hay tor	133,3
	-	atmôtphe kỹ thuật (at)	$9{,}81.10^4$
Độ nhớt động lực	hệ hợp pháp	niutơn giây trên mét vuông (N.s/m^2)	–
	hệ CGS	poazơ (P) = đyn.s/cm^2	0,1
	-	centipoazơ (cP)	10^{-3}
	hệ MKS	kilôgam lực giây trên mét vuông kgl . s/m^2	9,81
Độ nhớt động	hệ hợp pháp	mét vuông trên giây (m^2/s)	–
	hệ MKS	mét vuông trên giây (m^2/s)	–
	hệ CGS	stôc (St) = 1 cm^2/s	10^{-4}

Tiếp bảng I.279

1	2	3	4
Sức căng bề mặt	hệ hợp pháp	niutơn trên mét (N/m)	–
	hệ MKS	kilôgam lực trên mét (kgl/m	9,81
	hệ CGS	dyn trên centimét (dyn/cm)	10^{-3}
Thể tích	hệ hợp pháp	mét khối (m^3)	–
	ngoại hệ	lít (l)	$\approx 10^{-3}$
Thể tích riêng	hệ hợp pháp	mét khối trên kilôgam (m^3/kg)	–
Khối lượng riêng	hệ hợp pháp	kilôgam trên mét khối (kg/m^3)	–
	hệ MKS	kilôgam lực giây bình phương trên mét bốn (kgl . s^2/m^4)	9,81
	hệ CGS	gam trên centimét khối (g/cm^3)	10^3
Công, năng lượng, nhiệt lượng	hệ hợp pháp	jun (J)	–
	hệ MKS	kilôgam lực mét (kgl . m)	9,81
	hệ CGS	ec (ec)	10^{-7}
	ngoại hệ	oat giờ (W. h)	3600
	–	kilôoat giờ (kW. h)	$3{,}6.10^6$
	–	calo (cal)	4,1868
	–	kilôcalo (kcal)	$4{,}1868.10^3$
	hệ hợp pháp	oat (W)	–
Công suất	hệ MKS	kilôgam lực mét trên giây (kgl . m/s)	9,81
	hệ CGS	ec trên giây (ec/s)	10^{-7}
	hệ hợp pháp	oát trên mét vuông (W/m^2)	–
Mật độ mặt thông lượng nhiệt	ngoại hệ	kilôcalo trên mét vuông giờ (kcal/m^2. h)	1,163
	hệ hợp pháp	jun trên kilôgam độ (j/kg. độ)	–
Nhiệt dung riêng	ngoại hệ	kilôcalo trên kilogam độ (kcal/kg. độ)	$4{,}19.10^3$
	hệ CGS	éc trên gam độ (ec/g.độ)	10^{-4}
	hệ hợp pháp	oát trên mét vuông độ (W/m^2. độ)	–
Hệ số cấp nhiệt, hệ số truyền nhiệt hệ số dẫn nhiệt	ngoại hệ	kilôcalo trên mét vuông giờ độ (kcal/m^2. h. độ)	$\approx$ 1,163
	hệ hợp pháp	oat trên mét độ (W/m . độ)	–
Hệ số dẫn nhiệt	ngoại hệ	kilôcalo trên mét giờ độ (kcal/m. h. độ)	$\approx$ 1,163
	hệ hợp pháp	jun trên kilôgam (J/kg)	–
	ngoại hệ	kilôcalo trên kilôgam (kcal/kg)	4186,8
Nhiệt lượng riêng dịch pha	–	calo trên gam (cal/g)	4186,8
	hệ hợp pháp	1Hz = $1s^{-1}$	–
	ngoại hệ	vòng quay trên giây (vg/s)	1
Tần số		vòng quay trên phút (vg/ph)	1/60

PHẦN THỨ HAI

CÁC QUÁ TRÌNH THỦY LỰC

Chương II. THỦY ĐỘNG LỰC HỌC

I. CÁC CHUẨN SỐ ĐỒNG DẠNG VỀ THỦY ĐỘNG LỰC HỌC

1. Chuẩn số Niutơn:

$$Ne = \frac{P.l}{mw^2} \quad ; \qquad \text{(II.1)}$$

trong đó p - lực tác dụng, N; l - kích thước hình học của hệ thống, m; m - khối lượng, kg; w- tốc độ trung bình, m/s.

2. Chuẩn số Frut:

$$Fr = \frac{w^2}{gl} \quad ; \qquad \text{(II.2)}$$

trong đó g - gia tốc trọng trường m/s^2.

3. Chuẩn số Ơle:

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho . w^2} \; ; \qquad \text{(II.3)}$$

trong đó Δp - hiệu số áp suất (áp suất tiêu tốn để khắc phục sức cản thủy lực), N/m^2; ρ- khối lượng riêng, kg/m^3.

4. Chuẩn số Râynôn:

$$Re = \frac{w.\rho.l}{\mu} = \frac{w.l}{\nu} \; ; \qquad \text{(II.4)}$$

trong đó μ- hệ số độ nhớt động lực, $N.s/m^2$; ν- hệ số độ nhớt động, m^2/s; l- kích thước hình học, m.

Kích thước hình học của hệ thống có thể là chiều cao h nếu là tường phẳng, hoặc có thể là đường kính tương đương d_{td} của mặt cắt mà lưu thể đi qua.

5. Đường kính tương đương bằng bốn lần bán kính thủy lực:

$$d_{td} = 4.r_{tl} \text{, m.}$$

Trong bảng II.1 cho các giá trị đường kính tương đương.

6. Bán kính thủy lực là tỉ số giữa diện tích mặt cắt f của dòng với chu vi thấm ướt Π của dòng đó:

$$r_{tl} = f/\Pi \text{, m.}$$

II. SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA CHẤT LỎNG VÀ CHẤT KHÍ

§1. Chế độ chuyển động

7. Chế độ chuyển động của chất lỏng và khí đều được xác định bằng trị số của chuẩn số Râynôn.

a) Đối với dòng chảy trong ống thẳng:

- Chế độ *chảy dòng* $Re \leq 2320$
- Chế độ *chảy quá độ* $2320 \leq Re \leq 10000$
- Chế độ *chảy xoáy (rối)* $Re \geq 10000$.

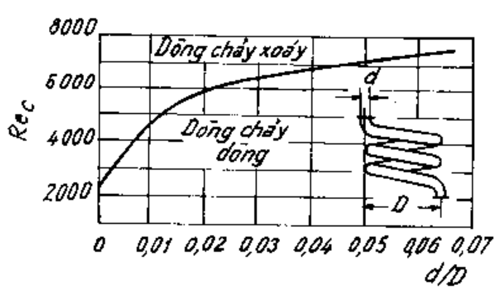
***Bảng II.1.* Giá trị đường kính tương đương của một số mặt cắt**

Hình dạng mặt cắt của dòng	$d_{td} = 4r_{tl}$
a) Ống dẫn chứa chất lỏng:	
Hình tròn đường kính d	d
Hình vành khăn; đường kính trong d, đường kính ngoài D	$D - d$
Mặt cắt hình vuông (cạnh là a)	a
Mặt cắt hình chữ nhật (cạnh là a và b)	$\frac{2ab}{a+b}$
Mặt cắt hình ellip (trục lớn là $2a$, trục nhỏ là $2b$)	$\frac{4ab}{k^{(1)}(a+b)}$
Mặt cắt tam giác đều (cạnh là a)	0,58a
Mặt cắt khoảng không gian trong thiết bị ống chùm (đường kính trong thiết bị là D, đường kính ngoài của ống là d và số ống là n)	$\frac{D^2-nd^2}{D+nd}$
b) Máng hở hay ống dẫn không chứa đầy chất lỏng:	
Mặt cắt hình chữ nhật (chiều rộng b; độ sâu y)	$\frac{4by}{b+2y}$
Mặt cắt bán nguyệt (chiều rộng D, độ sâu lớn nhất $D/2$)	D
Mặt cắt hình máng tam giác (góc < 90° chiều sâu theo đường phân giác thẳng đứng là y)	$\frac{2y}{\sqrt{2}}$
Mặt cắt máng hình thang (chiều rộng đáy là b, độ sâu là y):	
– độ nghiêng của mặt bên là 60° so với mặt nằm ngang	$4y\left(\frac{b+\frac{y}{\sqrt{3}}}{b+\frac{4y}{\sqrt{3}}}\right)$
– độ nghiêng của mặt bên là 45° so với mặt nằm ngang	$\frac{4(yb+y^2)}{b+2\sqrt{2}y}$

1) Giá trị k	$S = (a-b)/(a+b)$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	k	1,002	1,010	1,023	1,040	1,064	1,092	1,127	1,168	1,216	1,273

b) Đối với dòng chảy trong ống cong (ví dụ ống xoắn ruột gà). Giá trị của chuẩn số Râynôn tới hạn Re_c trong trường hợp ống cong sẽ lớn hơn so với trường hợp ống thẳng và nó phụ thuộc vào tỉ số d/D, trong đó d - đường kính trong của ống dẫn, m; D - đường kính của vòng xoắn, m.

Quan hệ giữa chuẩn số Re_c và d/D được biểu thị trên hình II.1.



***Hình II.1.* Sự phụ thuộc của Re_c vào tỉ số d/D**

§2. Sự phân bố tốc độ của dòng ổn định đẳng nhiệt

8. Đối với chế độ *chảy dòng* trong ống tròn: biểu đồ phân bố tốc độ có dạng parabon.

Tốc độ w ở một điểm bất kỳ của dòng trên mặt cắt ngang được xác định theo phương trình sau:

$$w = w_{max}[1(r^2/r_o^2)] = 2w_{tb}[1 - (r/r_o)]; \qquad (II.5)$$

trong đó w_{tb} - tốc độ trung bình của dòng, m/s; r - bán kính của điểm xác định tốc độ, m; r_o - bán kính của ống dẫn, m.

Đối với ống thẳng, khoảng cách để dòng bát đầu chuyển động ổn định là $X = 0{,}03\ dRe$.

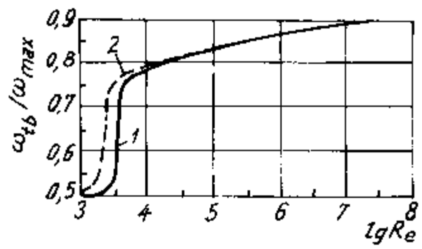
9. Đối với chế độ *chảy quá độ:*

$$2320 \le Re \le 10000.$$

Hình dạng của biểu đồ phân bố tốc độ theo hình parabon tày hơn và tỉ số w_{tb} / w_{max} được tăng lên.

10. Đối với chế độ *chảy xoáy* (rối): biểu đồ phân bố tốc độ không phải là hình parabon mà tày hơn nhiều.

Khoảng cách để dòng bắt đầu chuyển động ổn định là $X \approx 40d$ (trường hợp ống thẳng).



Hình II.2. Sự phụ thuộc của tỉ số tốc độ trung bình và tốc độ cực đại vào chuẩn số Râynôn khi chất lỏng hoặc khi chuyển động trong ống:
1. $Re = \frac{w_{max}d}{\nu}$; 2. $Re = \frac{w_{tb}d}{\nu}$

Quan hệ giữa tốc độ trung bình và tốc độ cực đại phụ thuộc vào chuẩn số Râynôn biểu thị như sau:

$$w\varpi_{tb}/ w_{max} = f(Re). \qquad (II.6)$$

Quan hệ phụ thuộc này được biểu thị ở hình II.2.

Tốc độ cục bộ trong dòng chảy xoáy (trong ống dẫn có thành nhám) được xác định theo phương trình sau:

$$w = (8{,}5 + 2{,}5 \ln \frac{y}{\varepsilon})w^*; \qquad (II.7)$$

trong đó w- tốc độ cục bộ của một điểm cách thành ống một khoảng y, m/s; $w = \sqrt{\tau_o/\rho}$ - tốc độ ma sát, m/s; $\tau_o = \Delta pd/4L$ - ứng suất tiếp tuyến ở thành ống, N/m^2; ρ- khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m^3; Δp- tổn thất áp suất, N/m^2; d- đường kính trong của ống, m; L- chiều dài của ống, m; ε - chiều cao gờ nhám của ống, hay độ nhám tuyệt đối, m, giá trị ε xem bảng II.15.

§3. Tốc độ và lưu lượng của chất khí bị nén

11. Nếu khi chuyển động mà tổn thất áp suất khá lớn và khối lượng riêng giảm quá 10%, thì dòng chuyển động như thế được coi là dòng bị nén. Trong trường hợp này ta dùng các công thức tính toán có tính đến sự thay đổi khối lượng riêng và tốc độ.

Ở áp suất thấp hay khi chảy qua lỗ có đường kính rất nhỏ thì xuất hiện một dạng chảy khác gọi là *chảy phân tử*. Trong trường hợp khoảng chảy tự do trung bình của phân tử bằng đường kính lỗ hay rãnh thì các phân tử khí chuyển động không phụ thuộc vào nhau. Khi khoảng chảy tự do trung bình của các phân tử khí nằm trong khoảng 1% đến

65% đường kính rãnh thì lớp khí ở sát thành rãnh có một tốc độ trượt nào đó. Dòng như vậy gọi là *dòng chảy trượt* và được xem như tổng hợp của chảy dòng và chảy phân tử. Dòng chảy trượt và chảy phân tử thường gặp trong kỹ thuật áp suất thấp.

12. Dòng chảy xoáy. Công thức chung biểu diễn cho dòng bị nén như sau

$$v dp + w dw = -\left(\frac{\lambda w^2}{2d_{td}} + g\sin\theta\right)dx; \qquad (II.8)$$

trong đó λ- hệ số ma sát; $v = 1/\rho$- thể tích riêng của khí, m^3/kg; $\sin\theta dx = dz$ - khoảng cách thẳng đứng mà khí được đưa lên theo ống dẫn, m; w - tốc độ của dòng, m/s; d_{td}- đường kính tương đương, m.

a) Dòng chảy đẳng nhiệt trong ống dẫn nằm ngang

Tích phân phương trình (II.8) ta có:

$$p_1^2 - p_2^2 = \frac{\lambda LU^2RT}{d_{td}M}\left(1 + \frac{9{,}22d_{td}}{\lambda . L}\lg\frac{p_1}{p_2}\right); \qquad (II.9)$$

trong đó p_1, p_2- áp suất tuyệt đối ở chỗ vào và chỗ ra, N/m^2; L - chiều dài ống dẫn, m; U- tốc độ khối lượng, $U = w.\rho = w/v$, $kg/m^2.s$; $R = 8{,}31.10^3$ J/ kmol.độ - hằng số khí; T - nhiệt độ, °K; M- khối lượng mol.

Các đại lượng khác tương tự như trong công thức (II.8).

Đối với ống dẫn có chiều dài lớn và sự giảm áp không đáng kể thì phương trình (II.9) có thể viết dưới dạng:

$$p_1 - p_2 = \frac{\lambda LU^2}{2\rho_{tb}d_{td}}; \qquad (II.10)$$

trong đó ρ_{tb} - khối lượng riêng trung bình tính theo áp suất trung bình $0{,}5(p_1 + p_2)$, kg/m^3.

Đối với ống có mặt cắt tròn phương trình (II.10) có thể viết dưới dạng:

$$G = \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{(p_1^2 - p_2^2)D^5M}{\lambda LRT}}, \text{ kg/s}; \qquad (II.11)$$

trong đó G- lưu lượng khối lượng, kg/s; D- đường kính ống dẫn, m.

b) Dòng đoạn nhiệt trong ống dẫn nằm ngang

Nếu thừa nhận điều kiện chảy được quyết định bởi quá trình giãn nở đoạn nhiệt của khí ở lỗ vào đoạn ống của một bình chứa lớn (hình II.3) có tốc độ không đáng kể và bỏ qua ma sát thì có thể sử dụng phương pháp tích phân phương trình (II.8) bằng đồ thị đối với dòng đoạn nhiệt trong ống dẫn nằm ngang. Số liệu thực nghiệm cho thấy rằng hệ số ma sát trong trường hợp này là một hàm số của chuẩn số Râynôn cho dòng bị nén và cả dòng không bị nén.

Nếu biết trước đường kính ống thì tốc độ khối lượng và hệ số ma sát là hàm số của độ nhớt, nhưng độ nhớt lại phụ thuộc vào nhiệt độ cho nên tốc độ và hệ số ma sát phụ thuộc vào nhiệt độ. Vì giá trị chuẩn số Râynôn của dòng bị nén đoạn nhiệt thường lớn nên hệ số ma sát chẳng biến đổi bao nhiêu khi nhiệt độ thay đổi, thực tế có thể xem hệ số ma sát là không đổi.

Đối với hệ biểu thị trên hình II.3 ta có:

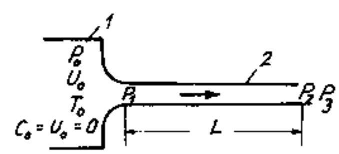
$$\nu_1/\nu_o = (p_o/p_1)^{1/k}; \quad \text{(II.12)}$$

$$\frac{T_1}{T_0} = \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{(k-1)/k} \quad \text{(II.13a)}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{\nu_2}{\nu_1}; \quad \text{(II.13b)}$$

$$\frac{p_o}{p_1} = \left[1 + \frac{U^2}{2}\cdot\left(\frac{k-1}{k}\right)\cdot\left(\frac{RT_1}{M.p_1^2}\right)\right]^{k(k-1)} \quad \text{(II.14)}$$

Đồ thị trên hình II.4 biểu thị quan hệ giữa các đại lượng p_2/p_o (hay p_3/p_o) và $U/U_{th.da}$ ở ba giá trị của k và nhiều giá trị ξ khác nhau.



Hình II.3. **Ống dẫn từ một thể tích lớn:**
1- bình chứa lớn; 2- cổ ống

$\xi = \lambda \dfrac{L}{d_{td}}$ - tổn thất do ma sát

$$U_{th.da} = \sqrt{\frac{p_o}{2{,}718\nu_o}} = p_o\sqrt{\frac{M}{2{,}718RT_o}}, \ \frac{kg}{m^2.s};$$

$U_{th.da}$- tốc độ khối lượng cực đại giả thiết đạt được khi giãn nở đẳng nhiệt trong hệ biểu thị ở hình II.3 khi $\xi = 0$.

Trong thực tế sự giãn nở đẳng nhiệt như vậy không tồn tại. Tỉ số p_2/p_o và p_3/p_o giống nhau nếu với một giá trị ξ cho trước, tốc độ khối lượng nhỏ hơn giá trị cực đại $U_{th.da}$. Điều này đúng với những đại lượng nằm ở miền trên đường chấm chấm của hình II.4. Nếu $p_3/p_o < p_2/p_o$ tương ứng với $U_{th.da}$ thì quá trình chảy không phụ thuộc vào p_3. Đường chấm chấm là giới hạn của tỉ số p_2/p_o khi chảy trong điều kiện giới hạn. Từ các số liệu trên đồ thị này ta có thể nội suy với các giá trị k khác.

Khi cần tìm giá trị thực của U ta chấp nhận $\lambda = 0{,}018$ và xác định sơ bộ giá trị U, dùng giá trị này để tính chuẩn số Râynôn. Sau đó tìm λ theo đồ thị (hoặc bằng giải tích) so sánh giá trị vừa tìm được với λ chấp nhận ban đầu, nếu chưa khớp thì dùng giá trị λ vừa thu được để tính lại từ đầu.

Nếu trên đường ống dẫn có các vị trí làm đổi dòng (ngoặt, khuỷu, van...) thì giá trị ξ xác định theo ống thẳng cần phải tăng thêm một lượng tổn thất tốc độ tương đương với tổn thất ở vị trí đổi dòng (hệ số trở lực cục bộ ở chỗ ngoặt, khuỷu, van...). Nhưng nếu khi mặt cắt ngang ở một vị trí đổi dòng nào đấy hẹp hơn mặt cắt ngang của ống, thì có thể thu được kết quả không chính xác, vì rằng tốc độ tới hạn của dòng qua chỗ đột thu làm giảm khả năng đi qua của dòng. Điều này có thể xảy ra khi tốc độ ở chỗ đột thu gần với tốc độ âm thanh.

Đối với các lỗ vào có cạnh sắc, đồ thị cho kết quả khá chính xác nếu thêm vào giá trị ξ một lượng 0,5. Trong trường hợp này ta không dùng các phương trình (II.12) ÷ (II.14) vì các phương trình này chỉ dùng đối với các lỗ vào có cạnh tròn.

Biểu đồ trên hình II.4 cũng có thể ứng dụng được để tính tổn thất áp suất giữa hai mặt cắt của ống dẫn. Giả sử biết trước điều kiện chảy và tốc độ khối lượng của dòng ở một mặt cắt (1) nào đó và ta cần xác định áp suất ở mặt cắt (2) bất kỳ sau mặt cắt đã

biết. Chúng ta ký hiệu các điều kiện đã biết qua T_1 và p_1.

Những tỉ số $U/U_{1th.đa}$ p_2/p_1 và T_2/T_1 biểu thị những điều kiện đã biết có quan hệ với các đại lượng $U/U_{th.đa}$, p_1/p_o và T_1/T_o. Do đó:

$$\frac{U}{U_{1th.đa}} = \frac{U}{U_{th.đa}} \frac{\sqrt{T_1/T_o}}{\sqrt{p_1/p_o}}\ ; \tag{II.15}$$

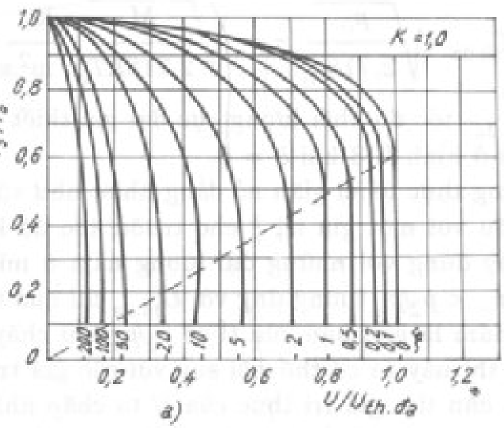
$$p_2/p_1 = \frac{p_2/p_o}{p_1/p_o}\ , \tag{11.16}$$

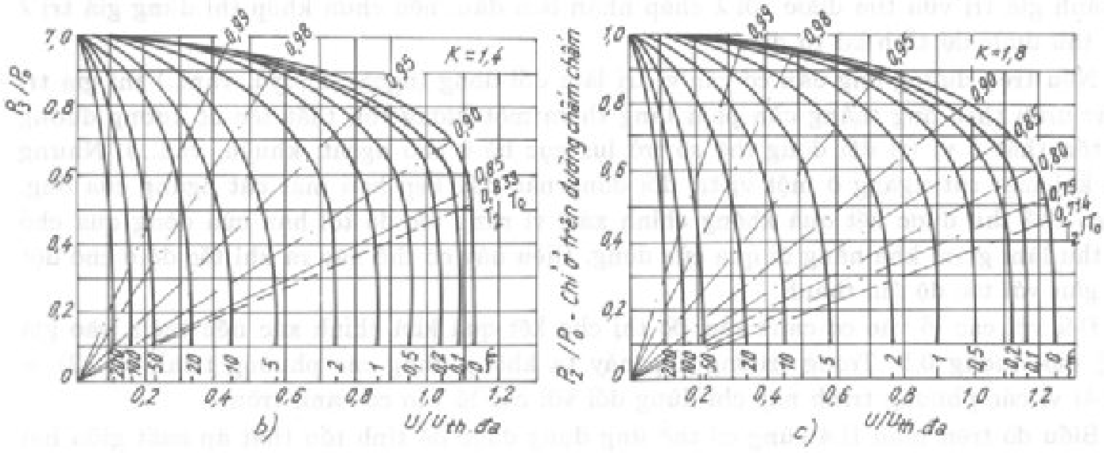
$$T_2/T_1 = \frac{T_2/T_o}{T_1/T_o}\ ; \tag{II.17}$$

trong đó $U_{1th.đa} = \sqrt{\dfrac{P_1}{2{,}718.v_1}} = p_i \sqrt{\dfrac{M}{2{,}718\ RT_1}}$

Đầu tiên ta cho một giá trị $U/U_{th.đa}$ nào đó và theo đồ thị tìm giá trị p_1/p_o và T_1/T_o đối với trường hợp $\xi = 0$ sau đó tính $U/U_{th.đa}$ theo phương trình (II.15). Lấy giá trị $U/U_{th.đa}$ vừa tính được để lập lại các phép tính như trước cho đến khi giá trị $U/U_{th.đa}$ tính được bằng giá trị $U/U_{th.đa}$ thừa nhận cuối cùng. Từ giá trị tìm được cuối cùng ta theo đồ thị tìm p_1/p_o khi $\xi = 0$ và p_2/p_o khi $\xi = (\lambda L)/D$. Bây giờ ta có thể tính đại lượng p_2 theo phương trình (II.16).

Giá trị p_o và T_o là những điều kiện cần thiết để đảm bảo các thông số p_1 và T_1 ở mặt cắt đầu tiên (ví dụ: điều





Hình II.4. **Đồ thị của dòng khí bị nén chảy trong ống dẫn khí tổn thất áp suất lớn:**
a) dòng đẳng nhiệt; b, c) dòng đoạn nhiệt

kiện ở trong bình cần thiết để đảm bảo các thông số p_1 và T_1 ở cổ ống khi không có ma sát, hình II.3).

13. Dòng chảy dòng (chảy tầng)

Đối với khí chảy dòng trong ống dẫn hay rãnh, có thể áp dụng các công thức từ (II.26) đến (II.30) với giá trị N bằng:

$$N = \frac{M}{2ZRT\mu}\left(\frac{p_1^2 - p_2^2}{L}\right),$$

ở đây Z - hệ số nén, không thứ nguyên.

14. Dòng chảy trượt. Dòng chảy trượt thường xảy ra trong phạm vi $X = 0{,}014 \div 1{,}0$; trong đó X được xác định theo phương trình Poa như sau:

$$X = \frac{\delta}{D}\sqrt{\frac{8}{\pi}} = \frac{2\mu}{p'_{tb}.D}\sqrt{\frac{R'T}{M_q}}; \qquad (II.18)$$

trong đó δ - chiều dài khoảng chạy tự do của các phân tử, m; D - đường kính rãnh, m; μ - độ nhớt của khí ở điều kiện áp suất tiêu chuẩn (1 *at*) và nhiệt độ T, N.s/m^2; p_{tb}- áp suất tuyệt đối trung bình μmHg; $R' = 1{,}93.10^4$ μmHg. m^3 (kmol độ) - hằng số khí : T - nhiệt độ khí, °K; M - khối lượng mol của khí, kg/kmol; $q = 0{,}1335$ kg/(m.s^2. μmHg).

Khi $X = 0{,}014$ (giới hạn giữa chảy dòng và chảy trượt) thì chiều dài khoảng chạy tự do trung bình của phân tử gần bằng 1% đường kính máng (rãnh).

Trong kỹ thuật chân không người ta đưa ra khái niệm độ dẫn chân không (khả năng dẫn) của hệ thống. Đại lượng đó ký hiệu là C và được xác định theo công thức:

$$C = V'/\Delta p', \ \text{m}^3/\text{s}; \qquad (II.19)$$

trong đó $V' = G/\rho'$ - lưu lượng thể tích của dòng tương ứng với tổn thất áp suất 1μmHg, m^3.μmHg/s; $\Delta p'$ - tổn thất áp suất, μmHg; G- lưu lượng khối lượng của dòng, kg/s; $\rho' = M/R'T$ - khối lượng riêng của khí trên 1 μmHg, kg/(m^3.μmHg).

Đối với hệ thống có nhiều bộ phận lắp nối tiếp thì độ dẫn chân không tính như sau:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + ... \qquad (II.20)$$

Đối với hệ thống có nhiều bộ phận lắp song song thì ta có

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + ... \qquad (II.21)$$

Nếu hệ thống có bơm với năng suất V/m^3/s thì khi năng suất của hệ thống là V_o (m^3/s) sẽ có:

$$1/V_o = 1/V + 1/C; \qquad (II.22)$$

trong đó C - độ dẫn chân không của hệ thống tính theo phương trình (II.20) hay (II.21).

Khi xác định khả năng dẫn của ống trong vùng chảy trượt người ta dùng hình II.5.

Đầu tiên người ta tính khả năng dẫn của ống dẫn ở chế độ chảy dòng:

$$C_d = \frac{V'_d}{\Delta p'} = \frac{D^2.f.p'_{tb} - q}{32\mu.L}, \ \frac{\text{m}^3}{\text{s}}; \qquad (II.23)$$

trong đó V'_d - lưu lượng thể tích tính cho chế độ chảy dòng (tương ứng với tổn thất áp suất 1 μmHg), μmHgm^3/s; f - diện tích mặt cắt ngang của ống dẫn, m^2; L- chiều dài ống dẫn, m.

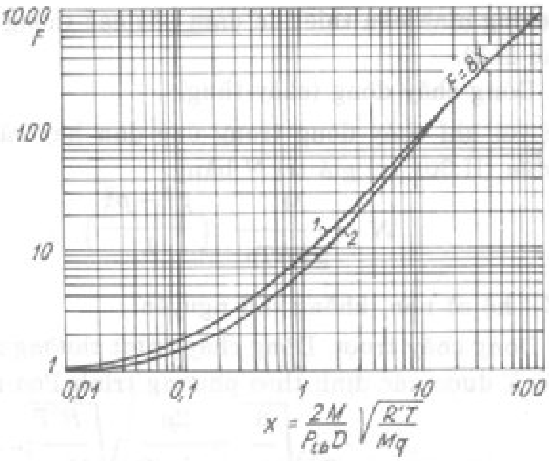
Các đại lượng còn lại như ở công thức (II.18) và (II.19).

Khả năng dẫn thực tế của ống dẫn sẽ bằng:

$$C = F.C_d; \quad \text{(II.24)}$$

F- hệ số hiệu chỉnh xác định theo đồ thị hình II.5.

15. Chảy phân tử. Trong kỹ thuật chân không, khi giá trị $X > 1{,}0$ (giới hạn giữa chảy phân tử và chảy trượt, ứng với khoảng chảy tự do trung bình của phân tử bằng khoảng 65% đường kính rãnh) thì quá trình chảy được coi là chảy phân tử. Khả năng dẫn của hệ trong trường hợp này có thể xác định theo các phương trình (II.20) đến (II.22).



***Hình II.5.* Hệ số hiệu chỉnh đối với phương trình Poa khi áp suất thấp:**

1- đường cong thực nghiệm của ống mao quản bằng thủy tinh và kim loại nhẵn, 2- đường cong thực nghiệm đối với ống thép

Khả năng dẫn của ống có mặt cắt ngang hình tròn có thể xác định theo đồ thị trên hình II.5. Trước hết tính khả năng dẫn như ở chế độ dòng theo công thức (II.23). Thông số *X* tính theo công thức (II.18) và từ đồ thị hình II.5 xác định hệ số hiệu chỉnh *F*. Sau đó theo phương trình (II.24) tính được khả năng dẫn của quá trình chảy phân tử.

Cần chú ý rằng đường cong đối với ống thủy tinh và ống kim loại nhẵn trong vùng chảy phân tử được mô tả theo phương trình $F = 8X$.

Đối với rãnh có mặt cắt hình chữ nhật, ta có thể tính khả năng dẫn như đối với ống có mặt cắt hình tròn, trong đó ta thay đường kính ống bằng đường kính tương đương của rãnh. Nếu gọi *a* và *b* là các cạnh của hình chữ nhật, ta xác định đường kính tương đương của rãnh như sau:

- khi $a/b < 3$ thì $d_{td} = 2\sqrt{\frac{ab}{\pi}}$
- khi $a/b > 3$ thì $d_{td} = \left(2{,}55k\,\frac{a^2b^2}{a+b}\right)^{1/3}$

trong đó *a* - cạnh lớn của hình chữ nhật, m; *b*- cạnh nhỏ của hình chữ nhật, m; *k* - hằng số, phụ thuộc vào tỉ số *a/b*, có những giá trị sau:

a/b	1,0	1,5	2	3	5	8	10
k	1,108	1,126	1,151	1,198	1,297	1,400	1,444

Đối với ống có mặt cắt ngang hình vành khăn, khả năng dẫn được tính theo công thức sau:

$$C = 67{,}5k\,.\,\frac{(D_1 - D_2)^2(D_1 + D_2)}{L}\sqrt{\frac{T}{M}}; \quad \text{(II.25)}$$

trong đó D_1, D_2- đường kính ngoài và đường kính trong của vành khăn, m; *T*- nhiệt độ,

°K; M- khối lượng mol, kg/kmol; L- chiều dài vành khăn, m; k - hằng số, phụ thuộc vào tỉ số D_2D_1, có những giá trị sau:

D_2/D_1	0	0,259	0,500	0,707	0,866	0,966
k	1,000	1,072	1,154	1,254	1,430	1,675

Đối với ống ngắn có mặt cắt ngang hình tròn, khả năng dẫn được tính theo phương trình sau:

$$C = 65{,}8kf.\sqrt{T/M}; \qquad \text{(II.25a)}$$

trong đó f - diện tích mặt cắt ngang, m²; k- hằng số, phụ thuộc vào tỉ số L/D (L - chiều dài đoạn ống, m; D - đường kính ống m), có những giá trị sau:

- khi $0 \le L/D \le 0{,}75$:

$$k = \frac{1}{1 + (L/D)}$$

- khi $L/D > 0{,}75$

$$k = \frac{1 + 0{,}8(L/D)}{1 + 1{,}9\,(L/D) + 0{,}6\,(L/D)^2}$$

Đối với giá trị $L/D > 100$ khi áp dụng công thức của ống dài, không tính đến hiệu ứng đầu mút, sai số không quá 2%.

Đối với khuỷu và ngã ba, ta có thể tính khả năng dẫn tương tự như đối với ống thẳng, trong đó chiều dài là chiều dài tương đương bằng khoảng chạy tự do trung bình của phân tử cộng với 1,33 đường kính ống.

§4. Tốc độ và lưu lượng của chất lỏng không bị nén chảy trong ống dẫn hay máng

Dòng không bị nén là dòng chất lỏng hay khí mà khi chảy khối lượng riêng của nó thay đổi không quá 10%.

16. Dòng chảy dòng đẳng nhiệt

a) Khi chất lỏng choán đầy ống, ta dùng các công thức sau đây để tính lưu lượng:

– mặt cắt ngang của ống là hình tròn:

$$G = \frac{\pi.D^4 N}{128} \qquad \text{(II.26)}$$

đối với chất lỏng chảy trong ống dẫn nằm ngang phương trình (II.26) có dạng quen thuộc:

$$p_1 - p_2 = (32\mu.Lw)/D^2,\ \text{N/m}^2;$$

đó là định luật Poa.

– mặt cắt ngang của ống có hình elip (hai bán trục của elip là a và b, ta có:

$$G = \frac{\pi.a^3.b^3}{a^2 + b^2}\cdot\frac{N}{4}; \qquad \text{(II.27)}$$

– mặt cắt ngang của ống có hình chữ nhật (a là chiều rộng, b là chiều cao), ta có:

$$G = \frac{ab^3 N}{k} \qquad \text{(II.28)}$$

k - hằng số phụ thuộc vào tỷ số a/b, có những giá trị sau:

a/b	1	2	3	4	5	10	∞
k	28,6	17,5	15,3	14,2	13,7	12,8	12

– bản song song vô tận (chiều rộng $a = \infty$, khoảng cách giữa hai bản là b, nghĩa là mặt cắt ngang hình chữ nhật với $a/b = \infty$), ta có:

$$G = \frac{b^3 N}{12} \qquad (II.29)$$

đối với một đơn vị chiều rộng.

– mặt cắt ngang là hình vành khăn (đường kính ngoài là D, đường kính trong là d), ta có:

$$G = \frac{\pi(D^2 - d^2)N}{128}\left(D^2 + d^2 - \frac{D^2 - d^2}{2{,}3\lg\frac{D}{d}}\right) \qquad (II.30)$$

Trong các công thức (II.26) đến (II.30):

- đối với bảng: $N = \frac{\rho}{\mu} \cdot (\rho g \sin\alpha + \frac{p_1 - p_2}{L})$;
- đối với khí: $N = \frac{M}{2ZRT\mu} \cdot \frac{p_1 - p_2}{L}$.

Nếu đối với khí mà trong quá trình chảy áp suất tuyệt đối giảm không quá 10% so với khởi điểm, thì có thể xác định đại lượng N theo công thức gần đúng:

$$N = \frac{\rho\,(p_1 - p_2)}{\mu . L};$$

trong đó ρ - khối lượng riêng, kg/m^3; L- chiều dài ống dẫn, m (giữa hai điểm đo p_1 và p_2); M - khối lượng mol, kg/kmol; p_1, p_2 - áp suất thủy tĩnh tại các điểm đo. N/m^2, R = 8,31.10^3 J/kmol.độ - hằng số khí: T - nhiệt độ, ^oK, Z - hệ số nén, không thứ nguyên; α - góc tạo thành bởi đường nằm ngang và trục ống dẫn; μ- độ nhớt, N.s/m^2; g- gia tốc trọng trường, m/s^2; G- lưu lượng, kg/s.

b) Khi chất lỏng chảy trong máng hở. Các phương trình dùng ở đây chỉ phù hợp khi độ sâu của máng thay đổi không đáng kể.

– mặt cắt ngang của dòng là hình chữ nhật (chiều rộng a, chiều sâu $b/2$):

$$G = \frac{ab^3 N}{2k}; \qquad (II.31)$$

k- hằng số phụ thuộc vào tỉ số a/b, có các giá trị sau:

a/b	1	2	3	4	5	10	∞
k	28,6	17,5	15,3	14,2	13,7	12,8	12

– bản phẳng song song vô tận (chiều rộng $a = \infty$, chiều sâu $b/2$):

$$G = \frac{b^3 N}{24} \qquad (II.32)$$

tính đối với một đơn vị chiều rộng.

– máng hình chữ V (góc đáy 90°, đường phân giác thẳng đứng, chiều sâu lớn nhất của dòng là a):

$$G = \frac{a^4 N}{57}\ ; \qquad \text{(II.33)}$$

trong các công thức (II.31) đến (II.33):

$$N = \frac{g\rho^2 \sin\alpha}{\mu}$$

Các ký hiệu như trên.

Nếu dùng các công thức tính lưu lượng trên (II.26) đến (II.30) để tính đối với ống ngắn thì có thể thu được kết quả không tin cậy, vì có ảnh hưởng của hiệu ứng đầu mút của ống. Cách hiệu chỉnh kết quả xem phần cuối mục 15.

17. Dòng chảy xoáy (rối) đẳng nhiệt

Các số liệu đối với máng hở đều dựa trên sự nghiên cứu chuyển động của nước và được đưa ra dưới dạng phương trình sau:

$$w = C\sqrt{r_{tl} S}; \qquad \text{(II.34)}$$

trong đó w - tốc độ của nước, m/s; r_{tl}- bán kính thủy lực, m; S- độ dốc của máng khi độ sâu của dòng thay đổi không lớn lắm; C- hệ số Sêdi, được xác định như sau:

$$C = 2{,}828\sqrt{g/\lambda},\ \mathrm{m^{0,5}/s}; \qquad \text{(II.35a)}$$

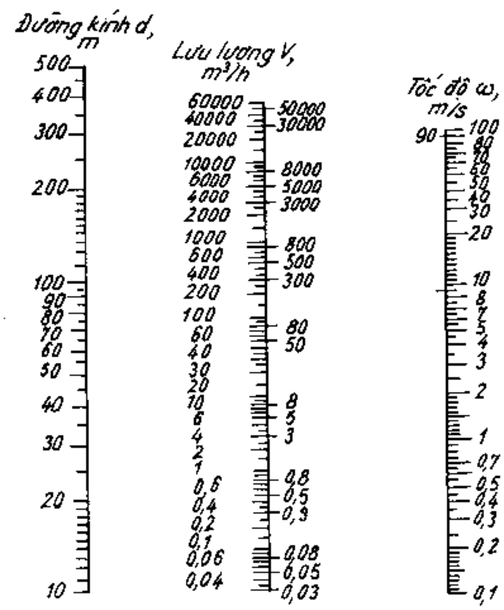
ở đây λ- hệ số ma sát.

Ngoài ra còn có thể xác định hệ số Sêdi theo công thức sau:

$$C = r_{tl}^{0.167}/n \qquad \text{(II35b)}$$

n- hệ số độ nhám, có các giá trị sau:

ống gang ống tán rivê	0,014
ống thủy tinh có rãnh	0,017
ống bê tông	0,015
ống gỗ	0,015
máng bằng ván bào	0,012
máng kim loại bán nguyệt	0,013
nhẵn	0,013
có gợn sóng	0,028



Hình II.6. **Toán đồ để xác định lưu lượng của chất lỏng hay khí trong ống dẫn có mặt cắt ngang tròn**

Khi các chất lỏng khác chảy xoáy trong máng hở thì tính hệ số Sêdi ứng với giá trị λ của các chất lỏng đó.

§5. Xác định đường kính ống dẫn khi biết lưu lượng và tốc độ

$$d = \sqrt{V/0{,}785w},\ \mathrm{m}; \qquad \text{(II.36)}$$

trong đó w- tốc độ trung bình, m/s; V- lưu lượng thể tích, m³/s;

18. Tốc độ trung bình của chất lỏng và khí chảy trong ống dẫn cho theo bảng II.2.

19. Quan hệ giữa đường kính với lưu lượng thể tích và tốc độ của dòng được biểu thị ở toán đồ II.6.

Bảng II.2. **Tốc độ trung bình của chất lỏng và khí chuyển động trong ống dẫn**

Tên dòng khí	w, m/s
Khí khi thông gió tự nhiên	2 - 4
Khí trong ống dẫn của quạt	4 - 15
Khí trong ống đẩy của máy nén	15 - 25
Chất lỏng tự chảy	0,1 - 0,5
Chất lỏng trong ống hút của bơm	0,8 - 2,0
Chất lỏng trong ống đẩy của bơm	1,5 - 2,5
Hơi bão hòa đi trong ống dẫn khí áp suất:	
p > 1 at	15 - 25
p = 1 - 0,5 at	20 - 40
p = 0,5 - 0,2 at	40 - 60
p = 0,2 - 0,05 at	60 - 75
Hơi quá nhiệt	30 - 50

§6. Tốc độ và lưu lượng của chất lỏng không bị nén chảy qua lỗ ở đáy bình hay thành bình (hình II.7), khi mức chất lỏng trong bình và áp suất p_1, p_2 không đổi

20. Lưu lượng và tốc độ:

$$V = \mu f_0\sqrt{2gH_a},\ m^3/s; \qquad (II.37)$$
$$w = \varphi\sqrt{gH_a},\ m/s;$$

trong đó H_a - áp suất chảy, m; f_0 - diện tích mặt cắt ngang của lỗ, m^2; μ - hệ số lưu lượng; φ - hệ số tốc độ; g - gia tốc trọng trường, m/s^2.

21. Áp suất chảy được xác định theo công thức:

$$H_a = H + \frac{p_1 - p_2}{\rho g}\ ,\ m; \qquad (II.39)$$

trong đó H - chiều cao từ mặt thoáng đến tâm mặt cắt thắt dòng, m; p_1 - áp suất thủy tĩnh trong bình, N/m^2; p_2 - áp suất thủy tĩnh tại mặt cắt thắt dòng, N/m^2.

22. Hệ số thắt dòng:

$$\varepsilon = f/f_0; \qquad (II.40)$$

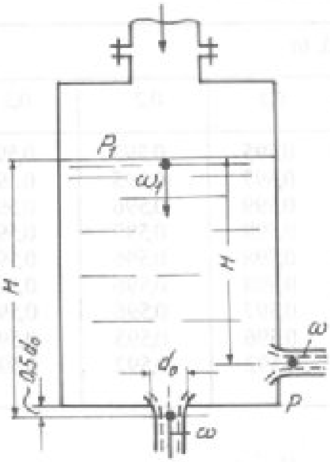
trong đó f - diện tích mặt cắt ngang ở chỗ dòng bị thắt.

23. Hệ số lưu lượng μ khi thắt dòng hoàn toàn (thắt dòng hoàn toàn là trong trường hợp khoảng cách từ mép lỗ đến thành bình lớn hơn ba lần chiều dài cạnh của lỗ) đối với các lỗ nhỏ ở trong bình được biểu diễn bằng biểu thức sau:

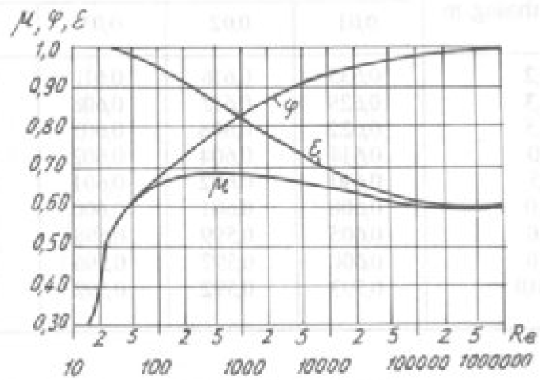
$$\mu = \varepsilon\,\varphi \qquad (II.41)$$

Hệ số μ, φ, ε đối với các lỗ nhỏ phụ thuộc vào hình dạng, chiều dày của nó cũng như phụ thuộc vào chuẩn số Râynôn, Veber và Frut:

$$Re = \frac{w_0 d_0}{\nu} = \frac{d_0\sqrt{2gH_a}}{\nu} \qquad (II.42)$$



Hình II.7. Sự chảy tự do của chất lỏng qua lỗ tròn



Hình II.8. Sự phụ thuộc vào các hệ số μ, φ, ε vào chuẩn số Re đối với lỗ tròn thành mỏng

$$We = \frac{w_o^2 d_o \rho}{\sigma} = \frac{d_o 2\rho g H_a}{\sigma} \qquad \text{(II.43)}$$

$$Fr = \frac{w_o^2}{g d_o} = \frac{2H_a}{d_o}; \qquad \text{(II.44)}$$

trong đó w_o- tốc độ chảy lý thuyết bằng $\sqrt{2gH_a}$, m/s; d_o- đường kính lỗ, m; ν- hệ số độ nhớt động, m^2/s; H_a- áp suất chảy, m; ρ- khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m^3; σ- sức căng bề mặt của chất lỏng, N/m.

Khi $We > 200$ và $Fr > 10$ thì bắt đầu chuyển sang vùng mẫu hóa, nghĩa là vùng này có các hệ số μ, φ ε không phụ thuộc vào các chuẩn số này.

Đối với các lỗ tròn thành mỏng, sự phụ thuộc của các hệ số μ, φ, ε vào chuẩn số Re ở vùng mẫu hóa được biểu thị ở hình II.8.

Hệ số lưu lượng μ đối với lỗ tròn thành mỏng (đối với các chất lỏng có độ nhớt bất kỳ và trong phạm vi giá trị Re thông dụng nhất) cho ở bảng II.3.

Bảng II.3. Hệ số lưu lượng μ đối với lỗ tròn thành mỏng

Re	$1{,}5.10^4$	$2{,}5.10^4$	5.10^4	10^5	2,5.105	$5{,}10^5$	10^6
μ	0,638	0,623	0,610	0,603	0,597	0,594	0,593

Đối với chất lỏng ít nhớt chảy qua lỗ tròn hoặc lỗ chữ nhật thành mỏng ở áp suất khí quyển có thể lấy gần đúng các hệ số như sau:

$$\mu = 0{,}6 \div 0{,}61; \qquad \varphi = 0{,}97; \qquad \varepsilon = 0{,}62 \div 0{,}63.$$

Đối với lỗ tròn và vuông ở thành mỏng thẳng đứng, hệ số lưu lượng μ khi nước chảy ở áp suất khí quyển cho ở bảng II.4 và bảng II.5.

Bảng II.4. **Hệ số lưu lượng μ khi nước chảy qua lỗ tròn**

Chiều cao từ tâm lỗ đến mặt thoáng, m	Đường kính của lỗ, m						
	0,01	0,02	0,03	0,05	0,1	0,2	0,3
0,2	0,635	0,616	0,611	0,602	0,595	0,593	0,590
0,3	0,629	0,612	0,608	0,601	0,597	0,595	0,592
0,5	0,622	0,608	0,605	0,600	0,599	0,596	0,594
1,0	0,614	0,604	0,602	0,599	0,599	0,597	0,596
1,5	0,610	0,602	0,601	0,598	0,598	0,596	0,596
2,0	0,608	0,601	0,600	0,598	0,598	0,596	0,596
3,0	0,605	0,599	0,598	0,597	0,597	0,596	0,595
6,0	0,600	0,597	0,596	0,596	0,596	0,595	0,594
30,0	0,593	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592

Bảng II.5. **Hệ số lưu lượng μ khi nước chảy qua lỗ vuông**

Chiều cao từ mặt thoáng đến tâm lỗ, m	Cạnh của lỗ, m					
	0,01	0,02	0,03	0,06	0,12	0,18
0,20	0,648	0,624	0,617	0,605	0,598	-
0,30	0,636	0,619	0,613	0,605	0,601	0,599
0,50	0,628	0,618	0,610	0,605	0,602	0,601
1,00	0,620	0,610	0,607	0,605	0,604	0,603
1,50	0,618	0,609	0,606	0,604	0,603	0,602
2,00	0,614	0,608	0,605	0,604	0,603	0,602
3,00	0,611	0,606	0,604	0,603	0,602	0,601
6,00	0,605	0,603	0,602	0,601	0,601	0,600
15,00	0,601	0,601	0,600	0,600	0,599	0,599
30,00	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598

Hệ số lưu lượng μ_k khi thất dòng không hoàn toàn (nghĩa là khoảng cách từ thành bình đến mép lỗ nhỏ hơn ba lần kích thước tương ứng của lỗ):

- đối với lỗ tròn: $\mu_k = \mu(1 + k_1)$;
- đối với lỗ chữ nhật: $\mu_k = \mu(1 + k_2)$;

k_1, k_2- hệ số phụ thuộc vào tỉ số diện tích lỗ f_o và diện tích bình chứa F tra theo bảng II.6.

Bảng II.6. **Giá trị hệ số k_1 và k_2**

r_o/F	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,6	0,7	0,8
k_1	0,007	0,014	0,023	0,034	0,045	0,059	0,075	0,092	0,112	0,134	0,161	0,189	0,260	0,351
k_2	0,009	0,019	0,030	0,042	0,056	0,071	0,088	0,107	0,128	0,152	0,178	0,208	0,278	0,365

§7. Tốc độ và lưu lượng của chất lỏng không bị nén chảy qua vòi

Vòi là đoạn ống có chiều dài bằng 3 đến 4 lần đường kính, hệ số lưu lượng của vòi có giá trị lớn nhất.

24. Hệ số lưu lượng μ phụ thuộc vào hình dạng, cách đặt vòi và chuẩn số *Re*.

Trong vùng $Re \geq 10^5$, hệ số lưu lượng chủ yếu chỉ phụ thuộc vào hình dạng của vòi. Hệ số lưu lượng μ của vùng này được chọn như sau:

a) Vòi hình trụ lắp ngoài, chiều dài $l = (3 \div 4)d$, mép sắc cạnh (hình II.9). Khi chảy qua vòi ra ngoài trời thì tại mặt cắt x - x tạo thành chân không:

$$p_{ck} = 0{,}75\ H_a \rho g,\ N/m^2 \qquad \text{(II.45)}$$

Đối với loại vòi này chất lỏng chỉ choán đầy ở cửa ra khi đạt được điều kiện sau:

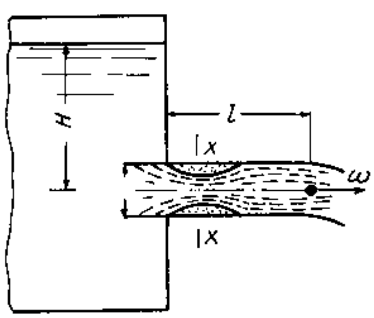
$$H_a < \frac{p_a - p_{bh}}{0{,}75 \rho g}$$

trong đó p_a- áp suất khí quyển, N/m^2; p_{bh}- áp suất hơi bão hòa của chất lỏng, N/m^2.

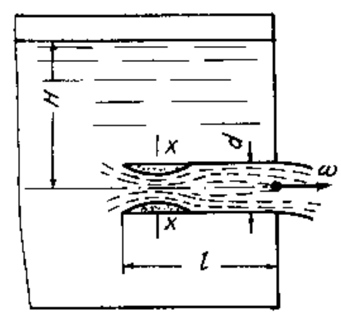
Trong trường hợp này hệ số lưu lượng $\mu = \varphi = 0{,}82$ và hệ số trở lực khi vào ống $\xi = 0{,}5$. Nếu có không khí chảy vào vòi hay là:

$$H_a > \frac{p_a - p_{bh}}{0{,}75 g \rho}$$

thì dòng sẽ tách ra khỏi thành vòi và sự chảy xảy ra cũng giống như chảy qua lỗ có mép mỏng sắc cạnh và lúc này hệ số lưu lượng $\mu = 0{,}62 \div 0{,}6$. Sự phụ thuộc của hệ số lưu lượng μ vào tỉ số l/d cho trong bảng II.7



Hình II.9. Vòi hình trụ lắp ngoài



Hình II.10. Vòi hình trụ lắp trong

Bảng II.7. Sự phụ thuộc hệ số lưu lượng μ vào tỉ số *l/d*

l/d	2 - 3	12	24	36	48	60
μ	0,82	0,77	0,73	0,68	0,63	0,6

b) Vòi hình trụ lắp trong có chiều dài $l \approx 3d$ (hình II.10)

Nếu chất lỏng chảy ra ngoài trời mà có:

$$H_a < \frac{P_a - p_{bh}}{0{,}94 \rho g}$$

thì chất lỏng sẽ choán đầy ở cửa ra. Đối với vòi thành mỏng sắc cạnh được đặc trưng bằng những hệ số sau đây:

$$\varepsilon = 1;\ \mu = \varphi = 0{,}71;\ \xi = 1.$$

Khi tăng chiều dày của thành tại cửa vào đến giá trị $\delta \geq 0{,}05d$ thì vòi trong cũng

có cùng hệ số như vòi ngoài, nghĩa là $\mu = 0{,}82$ và $\xi = 0{,}5$.

Nếu có không khí chảy vào vòi hay là:

$$H_a > \frac{p_a - p_{bh}}{0{,}94g\rho}$$

thì dòng sẽ tách khỏi thành và vòi làm việc giống như lỗ với giá trị $\mu = 0{,}51$.

Khi giá trị $l/d < 3$ thì dòng chảy qua vòi chưa kịp tiếp xúc với thành, trong trường hợp này $\mu = 0{,}51$; $\varphi = 0{,}97$; $\varepsilon = 0{,}53$ và $\xi = 0{,}06$.

§8. Thời gian chảy cạn bình

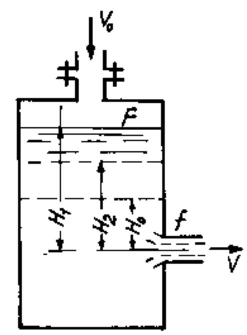
25. Hệ số lưu lượng μ phụ thuộc vào chuẩn số *Re*, do đó phụ thuộc vào áp suất chảy H_a. Vì vậy μ sẽ thay đổi theo thời gian chảy cạn bình. Đối với chất lỏng có độ nhớt cao ta không thể bỏ qua sự thay đổi này.

Đối với chất lỏng ít nhớt (ví dụ như nước) thì chuẩn số *Re* và μ thay đổi không đáng kể với thời gian chảy cạn bình và ta có thể coi hệ số lưu lượng μ = const. Lúc đó có thể xảy ra các trường hợp sau:

26. Mặt cắt ngang của bình không thay đổi theo chiều cao, hệ số lưu lượng μ = const, lưu lượng chất lỏng bổ sung không đổi V_o = const (hình II.11).

Thời gian chảy cạn bình được xác định theo công thức sau:

$$\tau = \frac{2F}{\mu f_o\sqrt{2g}}.(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} + \sqrt{H_o}\ \ln\frac{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_o}}{\sqrt{H_2}.\sqrt{H_o}}),\ \text{s}; \qquad \text{(II.46)}$$



Hình II.11. Sự chảy khi mức chất lỏng thay đổi

trong đó F - diện tích mặt cắt ngang của bình; m^2; μ - hệ số lưu lượng; f_o - diện tích mặt cắt ngang của lỗ, m^2; H_1, H_2 - mức chất lỏng trước và sau khi chảy, m; H_o - mức chất lỏng trong bình cần thiết để duy trì sự chảy từ lỗ bình ra với một lưu lượng lỏng là V_o.

H_o được xác định theo công thức sau:

$$H_o = \frac{V_o^2}{\mu^2 f_o^2.2g}$$

Nếu lượng chất lỏng thêm vào V_o nhỏ hơn lượng chất lỏng chảy ra ở mức H_1, nghĩa là $V_o < \mu f_o\sqrt{2gH_1}$ và $H_o < H_1$ thì mức chất lỏng trong bình sẽ giảm xuống đến một đại lượng nào đó, ví dụ đến H_2 (giới hạn cuối cùng của nó là H_o).

Nếu lượng chất lỏng thêm vào V_o lớn hơn lượng chất lỏng chảy ra ở mức H_2, nghĩa là $V_o > \mu f_o\sqrt{2gH_2}$ thì mức chất lỏng trong bình sẽ được tăng lên, ví dụ đến H_1 (giới hạn của nó có thể tăng lên đến H_1).

Công thức (II.46) đúng với cả hai trường hợp tăng và giảm mức chất lỏng.

27. Mặt cắt ngang của bình không thay đổi theo chiều cao và μ = const, không có bổ sung chất lỏng ngoài vào ($V_o = 0$).

Để cạn hoàn toàn (chảy hết) $H_2 = 0$

$$\tau = \frac{2F\sqrt{H_1}}{\mu f_o\sqrt{2g}} \qquad \text{(II.47)}$$

Để chảy cạn từ H_1 đến H_2:

$$\tau = \frac{2F}{\mu f_o \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}), s. \qquad \text{(II.48)}$$

28. Thời gian để thay đổi hiệu số mức chất lỏng của hai bình thông nhau từ mức H_1 đến mức H_2 khi F_1 = const, F_2 = const và μ = const (hình II.12).

$$\tau = \frac{2F_1F_2(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{(F_1 + F_2)\mu_h f_o \sqrt{2g}}, s; \qquad \text{(II.49)}$$

trong đó F_1, F_2 - diện tích mặt cắt ngang của hai bình, m^2; H_1, H_2 mức chất lỏng đầu và sau khi chảy, m; μ_h- hệ số lưu lượng của hệ thống có tính cả tổn thất khi chảy trong ống dẫn.

Thời gian cần thiết để mức chất lỏng trong hai bình ngang nhau:

$$\tau = \frac{2F_1\ F_2\sqrt{H_1}}{(F_1 + F_2)\mu_h f_o \sqrt{2g}}, s. \qquad \text{(II.50)}$$

29. Thời gian chảy cạn xitec nằm ngang chứa chất lỏng có độ nhớt nhỏ. Có những trường hợp sau:

a) Khi áp suất trên mặt chất lỏng trong xitec và trong bể chứa như nhau (hình II.13):

– thời gian chảy hết:

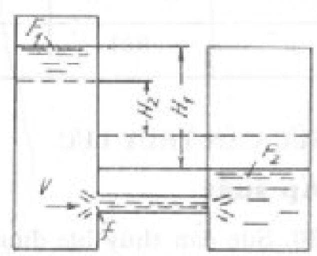
$$\tau = \frac{4L}{3\mu f_o \sqrt{2g}} (2R)^{3/2}, s; \qquad \text{(II.51a)}$$

– thời gian chảy hết một nửa đầu:

$$\tau_1 = \frac{4L}{3\mu f_o \sqrt{2g}} R^{3/2}, s; \qquad \text{(II.51b)}$$

– thời gian để chảy hết nửa thứ hai:

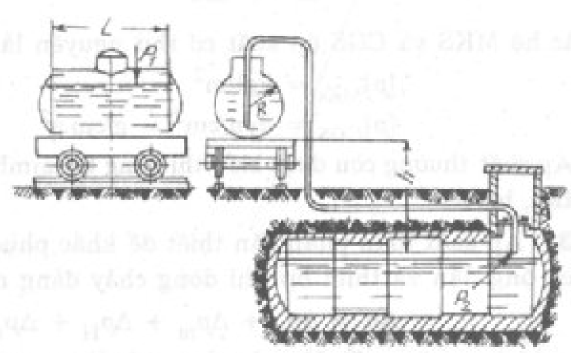
$$\tau_2 = \frac{4L}{3\mu f_o \sqrt{2g}} [(2R)^{3/2}.R^{3/2})].s; \qquad \text{(II.51c)}$$



Hình II.12. **Sự chảy giữa hai bình thông nhau**

trong đó L- chiều dài xitec, m; R - bán kính xitec, m; μ - hệ số lưu lượng có tính đến trở lực của toàn bộ hệ thống dẫn; f_o - diện tích mặt cắt ngang của lỗ, m^2.

b) Khi áp suất trên mặt thoáng chất lỏng trong xitec (p_1) và trong thùng chứa (p_2) là không đổi nhưng $p_1 \neq p_2$ (hoặc khi sự chảy xảy ra theo ống dẫn dài mà hiệu số mức chiều cao ở đáy xitec với mút ống dẫn khác không (hình II.13).



Hình II.13. **Sơ đồ tháo chất lỏng từ xitec**

$$\tau = \varphi \frac{4L}{3\mu_h f_o \sqrt{2g}} (2R)^{3/2}, s; \qquad \text{(II.52a)}$$

hay là

$$\tau = \varphi . \frac{V}{\mu_h f_o . \sqrt{2g} . 0.694R}, s; \qquad \text{(II.52b)}$$

trong đó V- thể tích xitec, m^3; φ- hệ số tốc độ cho trong bảng II.8.

Các ký hiệu khác như trên.

Bảng II.8. **Giá trị hệ số φ trong công thức (II.52a) và (II.52b)**

$\frac{R}{R+h+\frac{p_1-p_2}{\rho g}}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
φ	0	0,25	0,37	0,46	0,54	0,62	0,68	0,73	0,8	0,87	1,0

c) Chảy cạn xitec nằm ngang, trong trường hợp chất lỏng nhớt chảy qua ống ngắn. Hệ số lưu lượng phụ thuộc vào hệ số độ nhớt động cho trong bảng II.9 và thời gian chảy cạn tính theo công thức (II.51a).

Bảng II.9. **Sự phụ thuộc của hệ số lưu lượng μ vào độ nhớt động μ**

ν, cm^2/s	0,01 - 0,1	0,3	0,69	5,5	150	806
μ	0,61	0,45	0,34	0,24	0,015	0,0034

III. SỨC CẢN THỦY LỰC

§1. Áp suất

30. Sức cản thủy lực được đo bằng hiệu số áp suất Δp.

Thứ nguyên của áp suất:

$$[p] = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{m.s^2}$$

Ở các hệ MKS và CGS áp suất có thứ nguyên là:

$$[p]_{MKs} = kgl/m^2$$

$$[p]_{CGS} = dyn/cm^2 = g/cm.s^2$$

Áp suất thường còn được biểu thị bằng tor,mmH_2O, atmôtphe kỹ thuật (at), atmôtphe vật lý (atm), bar.

31. Áp suất toàn phần cần thiết để khắc phục tất cả sức cản thủy lực trong hệ thống (kể cả ống dẫn và thiết bị) khi dòng chảy đẳng nhiệt:

$$\Delta p = \Delta p_d + \Delta p_m + \Delta p_H + \Delta p_t + \Delta p_k + \Delta p_o; \qquad \text{(II.53)}$$

trong đó Δp_d - áp suất động lực học, tức là áp suất cần thiết để tạo tốc độ cho dòng chảy ra khỏi ống dẫn:

$$\Delta p_d = (\rho w^2)/2 \text{ , N/m}^2; \qquad \text{(II.54)}$$

ở đây ρ- khối lượng riêng của chất lỏng hay khí, kg/m^3; w - tốc độ lưu thể, m/s;Δp_m- áp suất để khắc phục trở lực ma sát khi dòng chảy ổn định trong ống thẳng:

$$\Delta p_m = \lambda \cdot \frac{L}{d_{td}} \frac{\rho w^2}{2}, \quad \frac{N}{m^2}; \qquad \text{(II.55)}$$

ở đây λ- hệ số ma sát; L - chiều dài ống dẫn, m; d_{td} - đường kính tương đương của ống, m; Δp_c- áp suất cần thiết để khắc phục trở lực cục bộ:

$$\Delta p_c = \xi \frac{w^2\rho}{2} = \lambda . \frac{L_{td}}{d_{td}} . \frac{\rho w^2}{2}, \text{ N/m}^2; \qquad \text{(II.56)}$$

ở đây ξ- hệ số trở lực cục bộ; L_{td}- chiều dài tương đương, m.

Bảng II.9a. **Quan hệ giữa các đơn vị áp suất**

at	atm	bar	N/m^2	tor	mmH$_2$O(4°C)
1	0,968	0,981	98.100	736	10.000
1,033	1	1,0133	101330	760	10.330
1,02	0,987	1	105	750	10200
1,02.10^{-5}	9,87.10^{-6}	10^{-5}	1	7,5.10^{-3}	1,02.10^{-1}
1,36.10^{-3}	1,32.10^{-3}	1,33.10^{-3}	133	1	13,6
10^{-3}	9,68.10^{-4}	9,81.10^{-4}	98,1	0,736	10

Chiều dài tương đương của một bộ phận nào đó là chiều dài một đoạn ống thẳng có trở lực ma sát bằng trở lực cục bộ do bộ phận đó gây ra.

Δp_H- áp suất cần thiết để nâng chất lỏng lên cao hoặc để khắc phục áp suất thủy tĩnh:

$$\Delta p_H = \rho g H, \ N/m^2. \qquad \text{(II.57)}$$

ở đây H- chiều cao nâng chất lỏng hoặc cột chất lỏng, m; ρ- khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m^3;

Δp_t - áp suất cần thiết để khắc phục trở lực trong thiết bị, N/m^2;

Δp_k - áp suất bổ sung ở cuối ống dẫn trong những trường hợp cần thiết, ví dụ như để đưa chất lỏng vào thiết bị có áp suất cao hơn áp suất khí quyển, để phun chất lỏng trong tháp đệm, trong phòng sấy v.v.

§2. Hệ số ma sát

Hệ số ma sát λ phụ thuộc vào chế độ chuyển động của chất lỏng và độ nhám của thành ống dẫn.

32. Chế độ chảy dòng: $Re < 2320$.

Đối với ống thẳng thì hệ số ma sát không phụ thuộc vào độ nhám mà chỉ phụ thuộc vào chế độ chuyển động và hình dạng mặt cắt ngang của ống:

$$\lambda = A/Re, \qquad \text{(II.58)}$$

trong đó $Re = \dfrac{w d_{td} \rho}{\mu}$; d_{td} - đường kính tương đương, m.

Giá trị của hệ số A cho trong bảng II.10.

Bảng II.10. Sự phụ thuộc của hệ số *A* vào hình dẳng mặt cắt ngang của ống

Mặt cắt ngang của ống	*A*
Hình tròn	64
Hình vuông	57
Hình tam giác đều	53
Hình vành khăn	96
Hình chữ nhật có cạnh *a* và *b*	
$a : b = 0,1$	85
$a : b = 0,2$	76
$a : b = 0,25$	73
$a : b = 0,33$	69
$a : b = 0,5$	62

Giá trị hệ số trở lực ma sát λ đối với ống có mặt cắt ngang tròn khi chảy dòng, tính theo công thức (II.58) cho trong bảng II.11.

Bảng II.11. Giá trị hệ số ma sát λ đối với ống có mặt cắt ngang hình tròn khi chảy dòng

Re	100	200	300	400	500	600	700
λ	0,640	0,320	0,213	0,160	0,128	0,107	0,092
Re	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
λ	0,080	0,071	0,064	0,058	0,053	0,049	0,046
Re	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
λ	0,042	0,040	0,038	0,036	0,034	0,032	0,0305

33. Chế độ chảy quá độ:

$$2320 < Re < 4000.$$

Hệ số ma sát được xác định theo công thức thực nghiệm của Braziut:

$$\lambda = 0,3164/Re^{0,25}. \qquad \text{(II.59)}$$

34. Chế độ chảy xoáy (rối): $Re \geq 4000$.

Trong hệ độ chia ra làm ba khu vực:

a) Khu vực nhẵn thủy học: đặc trưng của khu vực này là lớp màng chảy dòng phủ kín gờ nhám của ống, do đó độ nhám không có ảnh hưởng đến hệ số ma sát. Trị số Râynôn giới hạn trên (Re_{gh}) của khu vực này được xác định như sau:

$$Re_{gh} \approx 6(d_{td}/\varepsilon)^{8/7}; \qquad \text{(II.60)}$$

trong đó ε- độ nhám tuyệt đối (xem bảng II.15);

khi $4000 < Re < Re_{gh}$ tính λ theo công thức

$$\lambda = \frac{1}{(1,81gRe - 1,64)^2} \qquad \text{(II.61)}$$

Giá trị λ tính theo công thức (II.61) được tính sẵn trong bảng II.12.

b) Khu vực nhám: đặc trưng của khu vực này là chiều dày của lớp màng dòng chảy nhỏ hơn gờ nhám. Trong khu vực này hệ số ma sát chỉ phụ thuộc vào độ nhám, không phụ thuộc vào chuẩn số Râynôn.

Giá trị chuẩn số Râynôn khi bắt đầu xuất hiện vùng nhám xác định theo công thức sau:

$$Re_n \approx 220.(d_{td}/\varepsilon)^{9/8} \qquad (II.62)$$

Bảng II.12. **Giá trị của λ đối với khu vực nhẵn thủy lực khi $Re_{gh} > Re > 4000$**

Re	λ	*Re*	λ	*Re*	λ
4000	0,041	3000	0,024	800000	0,012
5000	0,038	50000	0,021	1000000	0,012
6000	0,036	80000	0,019	2000000	0,011
8000	0,033	100000	0,018	3000000	0,010
10000	0,032	200000	0,016	5000000	0,009
15000	0,028	300000	0,015	10000000	0,008
20000	0,026	500000	0,013		

Hệ số ma sát trong vùng nhám ($Re > Re_n$) được xác định theo công thức sau:

$$\lambda = \frac{1}{[1,14 + 2\lg(d_{td}/\varepsilon)]} \qquad (II.63)$$

Giá trị của hệ số ma sát λ tính theo công thức (II.63) cho trong bảng II.13.

Bảng II.13. **Giá trị của hệ số ma sát λ tính theo công thức (II.63) đối với ống nhám thủy lực (khi $Re > Re_n$)**

d_{td}/ε	λ	d_{td}/ε	λ	d_{td}/ε	λ
100	0,0379	1100	0,0192	2500	0,0159
200	0,0304	1200	0,0188	3000	0,0153
300	0,0269	1300	0,0184	3500	0,0148
400	0,0249	1400	0,0181	4000	0,0144
500	0,0230	1500	0,0178	5000	0,0137
600	0,0223	1600	0,0176	6000	0,0132
700	0,0216	1700	0,0173	7000	0,0128
800	0,0207	1800	0,0171	8000	0,0125
900	0,0202	1900	0,0169	9000	0,0122
1000	0,0197	2000	0,0167	10000	0,0120

c) Khu vực quá độ: là khu vực nằm giữa khu vực nhẵn thủy lực và khu vực nhám ứng với $Re_{gh} < Re < Re_n$.

Bảng II.14. **Hệ số ma sát λ đối với khu vực quá độ khi $Re_{gh} < Re < Re_n$**

d_{td}/ε	Chuẩn số *Re*				
	4000	6000	10000	40000	100000
100	0,049	0,046	0,043	0,040	0,038
125	0,047	0,044	0,041	0,037	0,035
165	0,046	0,042	0,039	0,034	0,033
250	0,044	0,040	0,036	0,031	0,030
500	0,042	0,038	0,034	0,027	0,026
1000	0,042	0,037	0,032	0,025	0,023
1250	0,040	0,036	0,032	0,024	0,022
2000	0,040	0,036	0,032	0,022	0,019

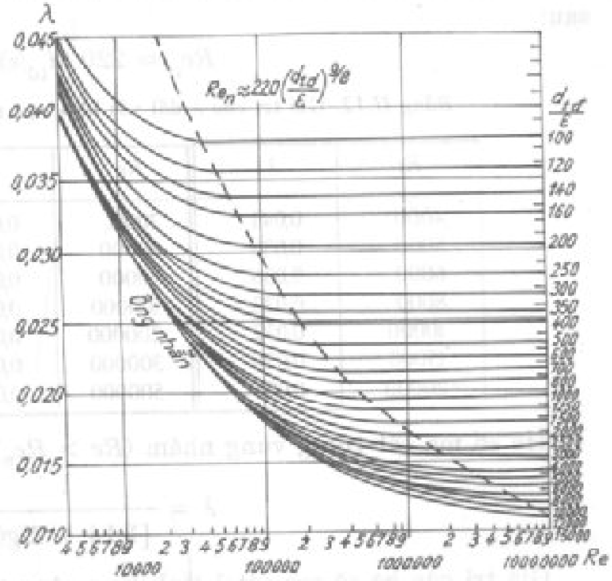
Hệ số ma sát ở khu vực quá độ phụ thuộc vào chuẩn số Râynôn và độ nhám của thành ống. Giá trị của hệ số ma sát có thể xác định theo đồ thị trên hình II.14 hoặc có thể tính theo công thức sau đây trong giới hạn độ nhám tương đối:

$$\varepsilon/d_{td} = 0{,}00008 \div 0{,}0125$$

$$\lambda \approx 0{,}1\left(1{,}46\frac{\varepsilon}{d_{td}} + \frac{100}{\text{Re}}\right)^{0{,}25}; \quad (11.64)$$

Giá trị λ tính theo công thức (II.64) cho bảng II.14.

Giá trị của hệ số ma sát ở chế độ quá độ được xác định theo đồ thị (hình II.14) sẽ cho kết quả nhỏ hơn tính theo công thức (II.64) là 2 đến 4%.



Hình II.14. Sự phụ thuộc của hệ số ma sát λ vào chuẩn số Re và độ nhám của ống

35. Ở chế độ chảy xoáy ta cũng có thể dùng công thức sau để xác định hệ số ma sát cho cả ba khu vực.

$$1/\sqrt{\lambda} = -2lg[6{,}81/Re)^{0.9} + \Delta/3{,}7]; \quad \text{(II.65)}$$

trong đó Δ - độ nhám tương đối, xác định theo công thức sau:

$$\Delta = \varepsilon/d_{td}\ ; \quad \text{(II.66)}$$

ở đây d_{td}- đường kính tương đương của ống; ε- độ nhám tuyệt đối.

36. Độ nhám tuyệt đối là chiều cao trung bình của gờ nhám hay chiều sâu trung bình của rãnh.

Giá trị độ nhám tuyệt đối phụ thuộc vào điều kiện gia công, điều kiện làm việc và vật liệu chế tạo ống (xem bảng II.15).

37. Khi nhiệt độ dòng chảy khác nhiệt độ thành ống, tổn thất áp suất do ma sát tính theo công thức (II.55) phải nhân với hệ số x.

- Đối với dòng chảy:

$$x = \left(\frac{Pr_t}{Pr_l}\right)^{1/3}\left[1 + 0{,}22\left(\frac{Gr_l Pr_l}{Re_l}\right)^{0{,}15}\right]; \quad \text{(II.16)}$$

- Đối với chế độ xoáy:

$$x = (Pr_t/Pr_l)^{1/3}; \quad \text{(II.68)}$$

trong đó Re_l, Pr_l, Gr_l- chuẩn số Râynôn, Pran, Gratkov tính theo nhiệt độ trung bình của chất lỏng; Pr_t- chuẩn số Pran tính theo nhiệt độ trung bình của thành ống. Đối với khí chuẩn số Pr thay đổi rất ít theo nhiệt độ, do đó trong tính toán có thể coi hệ số x đối với khí ở chế độ xoáy là bằng một.

38. Tổn thất áp suất trong ống xoắn ruột gà được xác định theo công thức sau:

$$\Delta p_x = k\Delta p_{th}\ ,\ \text{N/m}^2; \quad \text{(II.69)}$$

trong đó Δp_{th}- tổn thất áp suất do ma sát tính theo ống thẳng, N/m^2; k- hệ số hiệu chỉnh, xác định như sau:

$$k = 1 + 3{,}54(d/D),$$

d- đường kính ống; D - đường kính vòng xoắn.

Bảng II.15. **Độ nhám tuyệt đối của một số loại ống dẫn**

Tên ống	ε, mm
Ống thép:	
Ống mới, không hàn (ống nguyên)	0,06–0,1
Ống nguyên và ống hàn trong điều kiện ăn mòn ít	0,2
Ống cũ đã gỉ	≥ 0,67
Ống dẫn dầu mỏ ở điều kiện sử dụng bình thường	0,2
Ống dẫn hơi nước quá nhiệt và nước nóng khi nước đã được khử khí và làm sạch hóa học	0,1
Ống dẫn hơi nước bão hòa và nước nóng trong điều kiện ít rò (< 0,5%) và nước đã được khử khí	0,2
Ống dẫn hơi làm việc gián đoạn và ống dẫn nước ngưng có hệ thống thu hồi nước ngưng hở	0,5
Ống dẫn khí nén	0,8
Ống dẫn nước ngưng làm việc gián đoạn và ống dẫn nước nóng trong điều kiện rò nhiều (đến 3%) khi nước không được khử khí và làm sạch hóa học	1,0
Ống tráng kẽm, mới, tốt	0,07–0,1
Ống tráng kẽm mới, bình thường	0,1–0,15
Ống tôn không sơn	0,02–0,04
Ống tôn sơn	0,1–0,15
Ống bằng các vật liệu khác:	
Ống nguyên bằng đồng thau, đồng nguyên chất, chì	0,0015–0,01
Ống bằng nhôm kỹ thuật, nhẵn	0,015–0,06
Ống gang mới	0,25–1,0
Ống gang mới, có tráng nhựa đường (bitum)	0,1–0,15
Ống gang mới, có tráng atphan	0,12–0,3
Ống dẫn nước bằng gang đã cũ	1,4
Ống gang đã bị ăn mòn mạnh	đến 3,0
Ống bêtông có mài bề mặt tốt	0,3–0,8
Ống bêtông bề mặt nhám	3–9
Ống ximăng - amiăng mới	0,05–0,1
Ống ximăng mài nhẵn	0,3–0,8
Ống ximăng không mài	1–2
Ống gốm tráng men	1,4
Ống gỗ rất nhẵn	0,15
Ống gỗ nhẵn	0,3
Ống gỗ ít nhẵn	0,7
Ống gỗ không nhẵn	1,0
Ống thủy tinh (thủy tinh sạch)	0,0015–0,010

§3. Hệ số trở lực cục bộ

39. Hệ số trở lực cục bộ phụ thuộc vào chuẩn số Râynôn, song vấn đề này chưa được nghiên cứu đầy đủ.

Giá trị hệ số trở lực cục bộ cho trong bảng II.16.

Nếu trong bảng không cho biết sự phụ thuộc của ξ vào Re thì ta coi như chúng không phụ thuộc vào chuẩn số Re.

Bảng II.16. Hệ số trở lực cục bộ

STT	Dạng trở lực	
1	Lưới phẳng làm bằng tấm khoan lỗ hay là bằng các ống sắc cạnh ghép lại	Khi $Re = \frac{w_o d_{td} \rho}{\mu} \geq 10^5$ thì giá trị của ξ tương ứng với tốc độ dòng trong ống w_T được xác định theo N°1
	$d_{td} = \frac{4f_o}{\Pi_o}$; $f = \frac{F_o}{F_T}$	Khi $Re = \frac{w_o d_{td} \rho}{\mu} < 10^5$ thì ξ xác định công thức : $\xi = [\, \xi_\varphi + \varepsilon_o (\xi - f)^2]\, \frac{1}{f^2}$
	f_o - diện tích một lỗ lưới, m²; Π_o- chu vi mặt cắt ngang một lỗ lưới, m; F_o - tổng diện tích lỗ của lưới, m²; F_T- diện tích mặt cắt ngang của ống,m²	Giá trị ξ_φ, ε_o, ξ_o xác định theo N°2, N°3, N°4

N°1

F_o/F_T	0,02	0,05	0,1	0,15	0,20	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	7000	1050	245	86	51,5	18	8,3	4,0	2,0	0,97	0,42	0,13	0,080

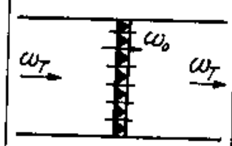
N°2

Re	25	40	60	100	200	400	1000	2000	4000	10^4	2.10^4	10^5	2.105	10^6
ε_o		0,36	0,37	0,40	0,42	0,46	0,53	0,59	0,64	0,74	0,81	0,94	0,96	0,98

N°3

F_o/F_T	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_o	1,71	1,67	1,63	1,59	1,55	1,50	1,45	1,39	1,32	1,22	1,00

N°4

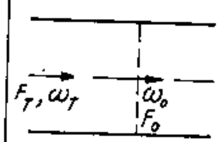


w_T- tốc độ trung bình của dòng trong ống m/s; w_o- tốc độ trung bình của dòng trong lỗ lưới, m/s

Giá trị ξ_φ

F_o/F_T	Chuẩn số Re: 25	40	60	100	200	400	1000	2000	4000	10^4	2.10^4	10^5	2.10^5	10^6
0,0	1,94	1,38	1,14	0,89	0,69	0,64	0,39	0,30	0,22	0,15	0,11	0,04	0,01	0
0,2	1,78	4,36	1,05	0,85	0,67	0,57	0,36	0,26	0,20	0,13	0,09	0,03	0,01	0
0,3	1,57	1,16	0,88	0,75	0,57	0,43	0,30	0,22	0,17	0,10	0,07	0,02	0,01	0
0,4	1,35	0,99	0,79	0,57	0,40	0,28	0,19	0,14	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01	0
0,5	1,10	0,75	0,55	0,34	0,19	0,12	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0
0,6	0,85	0,56	0,30	0,19	0,10	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0
0,7	0,58	0,37	0,23	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0
0,8	0,40	0,24	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0
0,9	0,20	0,13	0,08	0,03	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,95	0,03	0,03	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2 Lưới đặt trong ống



Lưới làm bằng dây kim loại:

$$\Delta p = \xi \frac{\rho w_T^2}{2}, \frac{N}{m^2}; \xi = \xi_o \alpha.$$

Giá trị của ξ_o xác định theo N°5

N°5

F_o/F_T	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_o	368	82	17	6,2	3	1,6	0,97	0,58	0,32	0,14	0,0

F_o - tổng bề mặt của lỗ lưới;
F_T- bề mặt mặt cắt ngang của ống, m^2;
δ_{tb}- đường kính trung bình của dây đan lưới, m;
w_o- tốc độ trung bình của dòng đi qua lỗ lưới, m/s;
w_T- tốc độ của dòng trong ống, m/s

Giá trị α phụ thuộc vào $Re' = \frac{w_o \delta_{tb}}{\nu}$: được xác định theo bảng N°6

N°6

Re'	50	100	150	200	300	≥ 400
α	1,44	1,24	1,13	1,08	1,03	1,0

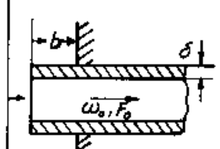
Lưới đan bằng sợi tơ: $\Delta p = 1{,}62\xi_o \alpha . \frac{\delta w_T^2}{2}, \frac{N}{m^2}$,

Giá trị ξ_o xác định trong bảng N°5, còn α xác định theo bảng N°7

N°7

Re'	40	80	100	≥ 150
α	1,16	1,05	1,02	1

3 Vào ống thẳng
a) Đầu vào lồi ra phía trước

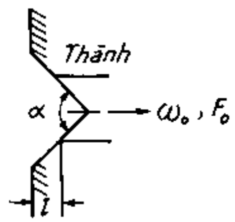


Giá trị của ξ tính theo tốc độ của dòng trong ống được xác định theo bảng N°8

N°8

δ/d_{td}	b/d_{td}						
	0	0,01	0,05	0,1	0,2	0,45	∞
0	0,5	0,68	0,80	0,86	0,92	1	1
0,01	0,5	0,57	0,66	0,72	0,78	0,85	0,85
0,02	0,5	0,52	0,55	0,60	0,66	0,72	0,72
0,03	0,5	0,51	0,52	0,54	0,57	0,61	0,61
0,04	0,5	0,51	0,51	0,51	0,52	0,54	0,54
0,05	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

b) Cửa vào bình nón



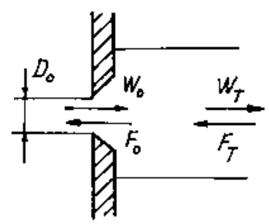
$d_{td} = \frac{4F_o}{\Pi_o}$

N°9

l/d_{td}	Góc α, độ								
	0	10	20	30	40	60	100	140	180
0,025	0,5	0,47	0,45	0,43	0,41	0,40	0,42	0,45	0,5
0,05	0,5	0,45	0,41	0,36	0,33	0,30	0,35	0,42	0,5
0,075	0,5	0,35	0,35	0,30	0,26	0,23	0,30	0,40	0,5
0,10	0,5	0,32	0,32	0,25	0,22	0,18	0,27	0,38	0,5
0,15	0,5	0,27	0,27	0,20	0,16	0,15	0,25	0,37	0,5
0,60	0,5	0,18	0,18	0,13	0,11	0,12	0,23	0,36	0,5

4 Đi vào và đi ra cửa ống thẳng qua màng chắn hay lưới phẳng với lỗ sắc cạnh

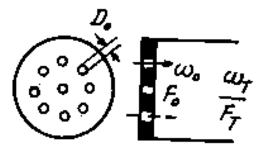
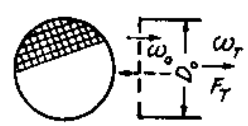
a) Màng chắn:



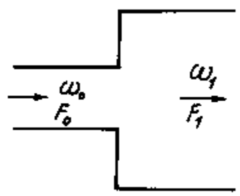
Đối với màng chắn hay lưới phẳng khi $Re = \frac{w_o d_{td}}{\nu} \geq 10^5$, thì giá trị ξ tính theo tốc độ của dòng trong ống w_T và xác định theo bảng N°10

N°10

F_o/F_T	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ khi vào ống	1100	258	57	24	11	5,8	3,5	2,0	1,3	0,8	0,5
ξ khi ra ống	1140	280	67	30	15	9,0	6,2	3,9	2,7	1,8	1,0

	F_o- mặt cắt tự do của lỗ, m^2; F_T- mặt cắt ngang của ống, m^2; D_o- đường kính lỗ, m b) Lưới phẳng  $d_{td} = \frac{4f_o}{\Pi_o}$ $\quad f = \frac{F_o}{F_T}$ f_o- diện tích mặt cắt ngang một lỗ hay màng chắn, m^2; Π_o- chu vi thấm ướt của một lỗ lưới hay màng chắn, m; F_o- tổng bề mặt của tất cả các lỗ, m^2; F_T- mặt cắt ngang của ống m^2; w_o- tốc độ trung bình của dòng qua lỗ, m/s	Đối với màng chắn hay lưới phẳng khi $Re < 10^5$ Khi vào ống $\xi = [\xi\varphi + \varepsilon_o(1{,}707 - t^2)]\frac{1}{t^2}$ Khi ra ống $\xi = (\xi\varphi + \varepsilon_o\xi_o^2)\frac{1}{t^2}$ Giá trị ξ_φ xác định theo bảng N^{o}4 ξ_o xác định theo bảng N^{o}3 ε_o xác định theo bảng N^{o}2
5	Vào và ra khỏi ống thẳng qua lưới đan bằng dây kim loại  F_o- bề mặt tự do của lưới, m^2; F_T- mặt cắt ngang của ống, m	$\xi = 1 + \xi_c$ ξ_c xác định như ξ đối với lưới ở bảng N^{o}5 và N^{o}6

6 Đột mở



$$d_{td} = \frac{4F_o}{\Pi_o}$$

Π_o - chu vi mặt cắt ngang của ống nhỏ, m;
F_o - diện tích mặt cắt ngang của ống nhỏ, m^2;
F_1 - diện tích mặt cắt ngang của ống lớn, m^2;
w_o - tốc độ dòng trong ống nhỏ, m/s;
w_1 - tốc độ dòng trong ống lớn, m/s.

Khi $Re = \frac{w_o d_{td}}{\nu} > .10^3$ giá trị ξ (tính theo tốc độ của dòng trong tiết diện nhỏ w_o) được xác định theo bảng N°11

N°11

F_o/F_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
ξ	0	0,01	0,04	0,090	0,16	0,25	0,36	0,50	0,64	0,81	1

Khi Re trong khoảng 10 đến $3{,}5.10^3$ giá trị ξ xác định theo bảng N°12

N°12

F_o/F_1	Chuẩn số Re											
	10	20	30	40	50	100	200	500	1000	2000	3000	3500
0,1	3,1	3,0	2,4	2,15	1,95	1,2	1,65	1,7	2,0	1,5	1,0	0,81
0,2	3,1	2,8	2,2	1,85	1,65	1,4	1,3	1,3	1,6	1,25	0,7	0,64
0,3	3,1	2,6	2,0	1,6	1,40	1,2	1,1	1,1	1,3	0,95	0,6	0,5
0,4	3,1	2,4	1,8	1,5	1,30	1,1	1,0	0,85	1,05	0,8	0,4	0,36
0,5	3,1	2,3	1,65	1,35	1,15	0,9	0,75	0,65	0,9	0,65	0,3	0,25
0,6	3,1	2,15	1,55	1,25	1,05	0,8	0,6	0,4	0,6	0,5	0,2	0,16

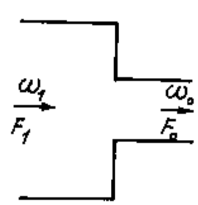
Khi Re từ 1 đến 8 thì $\xi = \frac{26}{Re}$

7

Đột thu:

$$d_{td} = \frac{4F_o}{\Pi_o}$$

Π_o- chu vi mặt cắt ngang của ống nhỏ, m;
F_o- diện tích mặt cắt ngang của ống nhỏ, m^2;
F_1- diện tích mặt cắt ngang của ống lớn, m^2;
w_o- tốc độ dòng trong ống nhỏ, m/s;
w_1- tốc độ dòng trong ống lớn, m/s



Khi $Re = \frac{w_o d_{td}}{\nu} \gtrsim 3{,}5.10^3$ thì giá trị ξ tính theo tốc độ của dòng trong tiết diện nhỏ w_o, được xác định theo bảng N°13

N°13

F_o/F_1	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	0,5	0,47	0,45	0,38	0,34	0,30	0,25	0,20	0,15	0,09	0

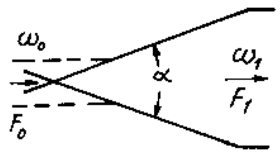
Khi $10 \le Re \le 10^4$ giá trị $\xi = f(Re, \frac{F_o}{F_1})$ được xác định theo bảng N°14

N°14

F_o/F_1	Chuẩn số Re													
	10	20	30	40	50	100	200	500	1000	2000	4000	5000	10^4	$> 10^4$
0,1	5	3,2	2,4	2,0	1,8	1,3	1,04	0,82	0,64	0,5	0,8	0,75	0,5	0,45
0,2	5	3,1	2,3	1,84	1,62	1,2 1,1	0,95	0,70	0,3	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4
0,3	5	2,95	2,15	1,7	1,5	1,0	0,85	0,6	0,44	0,3	0,55	0,55	0,35	0,35
0,4	5	2,8	2,0	1,6	1,4	0,9 0,8	0,78	0,5	0,35	0,25	0,45	0,5	0,3	0,3
0,5	5	2,7	1,8 1,7	1,46	1,3 1,2		0,65	0,42	0,3	0,2	0,4	0,42	0,25	0,25
0,6	5	2,6		1,35			0,56	0,35	0,24	0,15	0,35	0,35	0,2	0,2

Khi $1 \le Re \le 8$ thì $\xi = \frac{27}{Re}$

8 Ống hình côn rộng dần



$d_{td} = \frac{4F_o}{\Pi_o}$. m

Π_o- chu vi mặt cắt ngang của ống nhỏ m;
F_o- diện tích mặt cắt ống nhỏ, m^2;
F_1- diện tích mặt cắt ống lớn, m^2;
w_o- tốc độ dòng tại mặt cắt nhỏ, m/s;
w_1- tốc độ dòng tại mặt cắt lớn, m/s.

Khi trường tốc độ đối xứng với giá trị ξ tính theo tốc độ của dòng tại mặt cắt nhỏ w_o, được xác định theo công thức:

$$\xi = \xi_1 + \xi_{ms}$$

Giá trị ξ_1 xác định theo bảng N°15

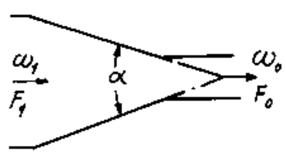
F_1/F_2	Góc độ α, độ							
	3	8	12	20	30	60	90	180
∞	0,03	0,11	0,19	0,36	0,65	1,15	1,10	0,02
20	0,03	0,10	0,16	0,32	0,58	1,04	0,99	0,92
10	0,03	0,09	0,15	0,29	0,52	0,93	0,89	0,83
5	0,02	0,07	0,12	0,23	0,41	0,74	0,70	0,65
1,7	0,01	0,2	0,03	0,06	0,10	0,18	0,17	0,16

Giá trị ξ_{ms} khi hệ số ma sát $\lambda = 0,02$ xác định theo bảng N°16

N°16

F_1/F_o	Góc α, độ			
	3	8	12	20
20	0,10	0,04	0,03	0,01
5	0,10	0,03	0,02	0,01
2	0,07	0,03	0,02	0,01

9 Ống côn hẹp dần



Giá trị ξ tính theo tốc độ của dòng tại mặt cắt nhỏ w_o, xác định theo công thức; $\xi = \xi_2 + \xi_m$

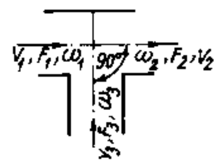
Giá trị ξ_{ms} xác định theo bảng N°16 F_o

Giá trị ξ xác định theo công thức $\xi_2 = \xi(1 - F_o/F_1)$

Giá trị ξ xác định như ξ trong bảng N°9

10 Ống ba ngả

($F_1 = F_2; \alpha = 90^0$)



F_1, F_2, F_3- diện tích mặt cắt ngang ống thẳng trực tiếp, ống tập trung, ống nhánh, m^2; w_1, w_2, w_3 - tốc độ dòng tại các mặt cắt ngang của ống thẳng trực tiếp, ống góp và ống nhánh, m/s;

V_1, V_2, V_3- lưu lượng thể tích qua ống thẳng trực tiếp, ống góp và ống nhánh, m^3/h; ξ_3, ξ_1- hệ số trở lực ở ống nhánh và ống thẳng trực tiếp tính theo tốc độ dòng của hai ống đó; ξ_n, ξ_p- hệ số trở lực ở ống nhánh và ống thẳng tính theo tốc độ dòng ở ống tập trung.

$$\xi_3 = \frac{\xi_n}{\left(\frac{V_3F_2}{V_2F_3}\right)^2} = \frac{\xi_n}{\left(\frac{w_3}{w_2}\right)^2}$$

$$\xi_1 = \frac{\xi_c}{\left(\frac{w_1}{w_2}\right)^2}$$

Đầu nhánh rẽ:

$$\Delta p_3 = \xi_3 \frac{\rho w_3^2}{2} = \xi_n \frac{\rho w_2^2}{2}, \frac{N}{m^2}; \qquad \xi_n = A\xi'$$

Giá trị A xác định bảng N°17 và giá trị ξ' xác định theo N°18

N°17

F_3/F_2	0 - 0,2	0,3-0,4	0,6	0,8	1,0
A	100	0,75	0,70	0,65	0,6

N°18

V_3/V_2	F_3/F_2						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
0,2	3,8	0,72	0,17	−0,03	−0,17	−0,22	−0,3
0,3	9,2	2,27	1,0	0,58	0,27	0,15	−0,11
0,4	16,3	4,3	2,06	1,3	0,75	0,55	0,44
0,5	25,5	6,75	3,23	2,06	1,2	0,89	0,77
0,6	36,7	9,7	4,7	2,98	1,68	1,25	1,04
0,7	42,9	13,0	6,3	3,9	2,2	1,6	1,30
0,8	64,9	16,9	7,92	4,92	2,7	1,92	1,56
0,9	82,0	21,2	9,7	6,1	3,2	2,25	1,8
1,0	101	26,0	11,9	7,25	3,8	2,57	2,0

$$\Delta p_1 = \xi_1 \frac{\rho w_1^2}{2} = \xi_c \frac{\rho w_2^2}{2}, \frac{N}{m^2}$$

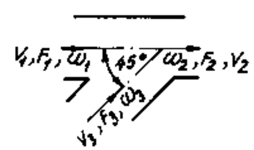
Giá trị ξ_c xác định theo bảng N°19

N°19

V_3/V_2	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_c	0	16	0,27	0,38	0,46	0,53	0,57	0,59	0,60	0,59	0,55

11

Ống ba ngã:
($F_1 = F_2; \alpha \neq 90^o$)



F_1, F_2, F_3 - diện tích mặt cắt ngang của ống chính trực tiếp, ống tập trung ống nhánh, m^2;
V_1, V_2, V_3- lưu lượng thể tích của chất lỏng chạy qua ống chính, ống tập trung, ống nhánh, m^3/h;
$w_1, w_2; w_3$- tốc độ của dòng chảy tại các mặt cắt tương ứng, m/s;
ξ_1, ξ_3- hệ số trở lực cục bộ của ống chính, ống nhánh tính theo tốc độ của ống tập trung

Tồn thất áp suất trên ống nhánh
$$\Delta p_3 = \xi_3 \cdot \frac{\rho w_2^2}{2}, \frac{N}{m^2};$$
Giá trị ξ_3 xác định theo bảng N°20

N°20

V_3/V_2	F_3/F_2						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,1	−0,21	−0,46	−0,57	−0,6	−0,62	−0,63	−0,63
0,2	3,1	0,37	−0,06	−0,2	−0,28	−0,3	−0,35
0,3	7,6	1,5	0,5	0,2	0,05	−0,08	−0,1
0,4	13,5	2,95	1,15	0,59	0,26	0,18	0,16
0,5	21,5	4,85	1,78	0,97	0,44	0,35	0,27
0,6	30,4	6,42	2,6	1,37	0,64	0,46	0,31
0,7	41,3	8,5	3,4	1,77	0,76	0,50	0,40
0,8	53,8	11,5	4,22	2,14	0,85	0,53	0,45
0,9	58,0	14,2	5,3	2,58	0,89	0,52	0,40
1,0	83,7	17,3	6,33	2,92	0,89	0,39	0,27

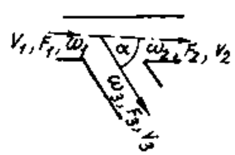
Tồn thất áp suất trên ống chính trực tiếp
$$\Delta p_1 = \xi_1 \cdot \frac{\rho w_2^2}{2}, \frac{N}{m^2};,$$
ξ_1 xác định theo bảng N°21

N°21

V_3/V_2	F_3/F_2						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,1	0,02	−0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,17
0,2	−0,33	0,01	0,13	0,19	0,24	0,27	0,29
0,3	−1,1	−0,25	−0,01	0,10	0,22	0,30	0,35
0,4	−2,15	−0,75	−0,3	−0,05	0,17	0,26	0,36
0,5	−3,6	−1,43	−0,7	−0,35	0,00	0,21	0,32
0,6	−5,4	−2,35	−1,25	−0,7	−0,2	+0,06	0,25
0,7	−7,6	−3,4	−1,95	−1,2	−0,5	−0,15	0,10
0,8	−10,1	−4,61	−2,74	−1,82	−0,9	−0,43	−0,15
0,9	−13,0	−6,02	−3,7	−2,55	−1,4	−0,80	−0,45
1,0	−16,3	−7,7	−4,75	−3,35	−1,9	−1,17	−0,75

12 Ống ba ngả:
($F_1 = F_2$; $\alpha = 15 \div 90^o$)

h_1 - chiều cao mặt cắt ngang ống tập trung m;
h_3 - chiều cao mặt cắt ngang ống nhánh, m;
F_1, F_2, F_3 - diện tích mặt cắt ngang của ống tập trung, ống thẳng và ống nhánh, m²;
w_1, w_2, w_3 - tốc độ dòng tại các mặt cắt tương ứng m/s,
ξ_2, ξ_3 - hệ số trở lực cục bộ của ống thẳng và ống nhánh theo tốc độ của ống tập trung xem bảng 22 và bảng 23 ở cột bên.



Tổn thất trên ống rẽ:

$$\Delta p_3 = \xi_3 \cdot \frac{\rho w_1^2}{2}, \frac{N}{m^2};$$

Giá trị ξ_3 xác định theo bảng N°22

N°22

w_3/w_2	Góc α, độ					
	15	30	45	60	90: $\frac{h_3}{h_1} \le \frac{2}{3}$	90: $\frac{h_3}{h_1} = 1$
0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3 1,0	1,0
0,2	0,65	0,70	0,75	0,84	1,04	1,01
0,4	0,38	0,46	0,60	0,76	1,16	1,05
0,6	0,20	0,31	0,50	0,65	1,35	1,15
0,8	0,09	0,25	0,51	0,8	1,64	1,32
1,0	0,07	0,27	0,58	1,0	2,0	1,45
1,2	0,32	0,36	0,74	1,23	2,44	1,60
1,4	0,24	0,70	0,98	1,54	2,96	1,77
1,6	0,46	0,80	1,3	1,98	3,54	1,95
2,0	1,1	1,52	2,16	3,0	4,6	2,45
3,0	7,2	7,4	7,8	8,1	9,0	-
4,0	14,1	14,2	14,8	15	16	-
5,0	23,2	23,5	23,8	24	25	-
6,0	34,2	34,5	35	35	36	-
8,0	62	62,7	63	63	64	-
10,0	98,0	98,3	98,6	99	100	-

Tồn thất áp suất trong ống thẳng trực tiếp

$$\Delta p_2 = \xi_2 \cdot \frac{\rho w_1^2}{2}, \frac{N}{m^2};$$

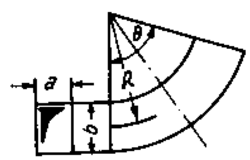
Giá trị ξ_2 xác định theo bảng N°23 đối với $\alpha = 15^o \div 90^o$

N°23

w_2/w_1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
ξ_2	0,4	0,32	0,26	0,20	0,15	0,1	0,06	0,02	0,0

13 Đoạn ống cong

$$d_{td} = \frac{2ab}{a+b}, m;$$



Đối với thành nhẵn không tính tổn thất ma sát, khi $Re \geq 2.10^5$

$$\xi = A.B.C$$

Giá trị A, B, C xác định theo bảng N°24, N°25, N°26.

N°24

Góc θ	0	20	30	45	60	90	110	130	150	180
A	0	0,31	0,45	0,6	0,78	1,0	1,13	1,2	1,28	1,4

N°25

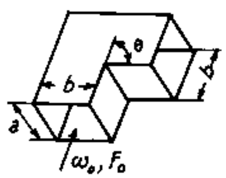
R/d_{td}	-1	2	4	6	8	30	50
B	0,21	0,15	0,11	0,09	0,07	0,04	0,03

N°26

a/b	0,25	0,5	1	2	4	6	8
C	1,8	1,45	1	0,45	0,43	0,55	0,6

14 Khuỷu có chỗ ngoặt sắc cạnh

$d_{td} = \frac{2ab}{a+b}$



Khi $Re = \frac{w_o d_{td}}{\nu} \geq 4.10^4$; $\xi = \alpha, \beta$ (không tính tổn thất do ma sát)

Giá trị α và β xác định theo bảng N°27, N°28

N°27

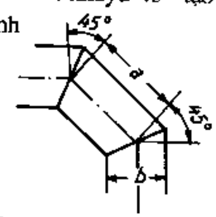
a/b	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	8
α	1,1	1,07	1,04	1	0,95	0,9	0,83	0,78	0,75	0,72	0,7

N°28

Góc θ, độ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
β	0	0,125	0,155	0,318	0,555	0,81	1,19	1,87	2,59	3,13	3,6

15 Khuỷu ghép 90° với mặt cắt ngang hình vuông

a) Do hai khuỷu 45° tạo thành

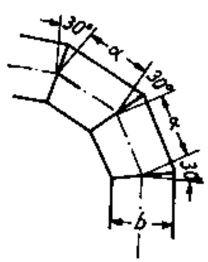


Khi $Re > 2.10^5$ giá trị ξ xác định theo bảng N°29 (không kể tổn thất ma sát)

N°29

a/b	0	0,6	1,0	2	3	4	6
ξ	1,1	0,6	0,38	0,32	0,38	0,41	0,41

b) Do ba khuỷu 30° tạo thành

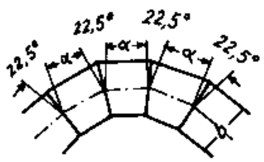


Khi $Re > 2.10^5$ thì giá trị ξ xác định theo bảng N°30 (không kể tổn thất ma sát)

N°30

a/b	0	0,6	1	2	3	4	6
ξ	1,1	0,58	0,3	1,16	0,19	0,2	0,2

c) Do bốn khuỷu 22,5° tạo thành

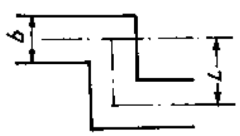


Khi $Re > 2.10^5$ thì ξ xác định theo bảng N°31 (không tính tổn thất do ma sát)

N°31

a/b	0	1	2	3	4	6
ξ	1,1	0,12	0,10	0,12	0,14	0,14

16 Khuỷu hình chữ Z mặt cắt hình vuông dòng ngoặt đột ngột

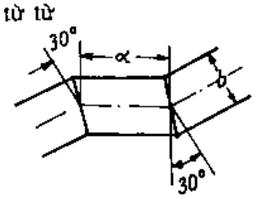


Đối với giá trị Re bất kỳ và thành nhẵn, thì ξ xác định theo bảng N°32 (không tính tổn thất do ma sát)

N°32

L/b	0	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0	2,4	3,2	5	7	10
ξ	0	0,62	0,9	1,61	2,63	3,61	4,01	4,22	4,18	3,65	3,2	2,92	2,7	245

17 Khuỷu hình chữ Z mặt cắt hình vuông dòng ngoặt từ từ

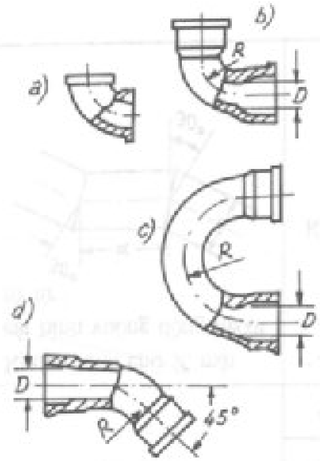


Khi $Re > 2.10^3$. Giá trị ξ xác định theo bảng N°33 (không tính tổn thất do ma sát)

N°33

a/b	1	1	2	3	6
ξ	0	0,15	0,15	0,16	0,16

18 Ống nối bằng ren



Khi $Re > 2.10^5$. Giá trị ξ xác định theo bảng N°34

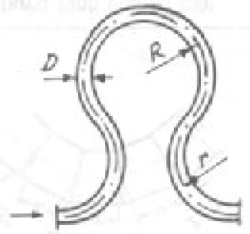
N°34

Tên các ống nối	Đường kính qui ước D_y mm			
	12,5	25	37	50
a) Góc 90°	2,2	2	1,6	1,1
b) Ống nối 90°:				
$\frac{R}{D} = 1,4 + 1,7$	1,2	0,8	0,8	0,6
$\frac{R}{D} = 2 + 2,1$	0,8	0,5	0,5	0,4
c) Ống nối 180°	1,2	0,7	0,7	0,6
d) Ống nối 45°	0,7	0,4	0,3	0,2

19 Vòng bù giãn nở trên đường ống

Đối với $R/D = 6$,

$r/D = 5$

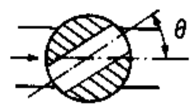


Giá trị ξ xác định theo bảng N°35

N°35

D, mm	50	100	200	300	400	500
Vòng bù bằng ống nhẵn Vòng bù bằng ống có rãnh	1,7 -	1,8 2,2	2,0 2,5	2,2 2,8	2,4 3,1	2,6 3,5

20 Van côn trong ống tròn và thẳng



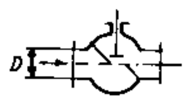
Giá trị ξ xác định theo bảng N°36

N°36

Góc θ, độ	5	10	20	30	40	50	82
Ống hình tròn	0,05	0,20	1,56	5,47	17,3	52,6	∞
Ống hình trụ	0,05	0,31	1,84	6,15	20,7	95,3	∞

21 Van

a) Van tiêu chuẩn



Khi mở hoàn toàn, giá trị ξ tương ứng tốc độ trong ống được xác định theo bảng N°37

N°37

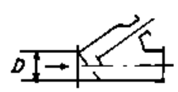
D, mm	13	20	40	80	100	150	200	250	350
ξ	10,8	8	4,9	4	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5

Khi mở hoàn toàn $\xi = 5{,}2\ D^{0,5}$ đối với đường kính từ 25 đến 250 mm và $Re > 3.10^5$ thường xác định ξ theo bảng N°38

N°38

D, mm	25	38	50	65	76	100	125	150	200	250
ξ	1,04	0,85	0,79	0,65	0,6	0,5	0,46	0,42	0,36	0,32

b) Văn thẳng



$Re < 3.10^5$ thì $\xi = \alpha, \beta$

Giá trị β xác định như ξ trong bảng N°38, α xác định theo bảng N°39

N°39

Re	5.10^3	10^4	2.10^4	5.10^4	10^5	2.10^5	3.10^5
α	1,4	1,07	0,94	0,88	0,91	0,96	1

c) Van thẳng (có thắt dòng)

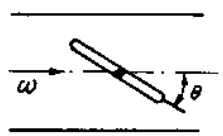


Giá trị ξ xác định theo bảng N°40

N°40

D, mm	60	80	100	150	200	250	300	350
ξ	2,7	2,4	2,2	1,86	1,65	1,5	1,4	1,3

22 Van tấm quay

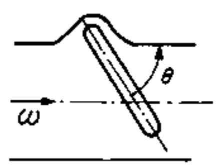


Giá trị ξ tương ứng với tốc độ của dòng, xác định theo bảng N°41

N°41

Góc θ^{o}, độ	5	10	15	20	25	30	40	50	60	65	70	90
Ống chữ nhật	0,28	0,45	0,77	1,34	2,16	3,54	9,3	24,9	77,4	158	368	∞
Ống tròn	0,30	0,52	0,90	1,54	2,51	3,91	10,8	32,6	118	256	751	∞

23 Van bản lề

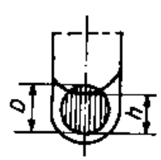


Giá trị ξ tương ứng với tốc độ của dòng, xác định theo bảng N°42

N°42

Góc θ^{o}, độ	20	25	30	35	40	50	60	70	75
ξ	1,7	2,3	3,2	4,6	6,6	14	30	62	90

24 Van chắn đơn giản trong ống tròn

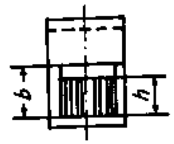


Giá trị ξ tương ứng với tốc độ của dòng, xác định theo bảng N°43

N°43

h/D	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	à	35	10	4,6	2,1	0,98	0,44	0,17	0,06	0

25 Van chắn đơn giản trong ống mặt cắt chữ nhật



Giá trị ξ tương ứng với tốc độ của dòng, xác định theo bảng N°44

N°44

h/b	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	à	44,5	17,8	8,1	4	2,1	0,95	0,39	0,1	0

26 Van chắn tiêu chuẩn

Giá trị ξ khi van mở hoàn toàn xác định theo bảng N°45

N°45

Đường kính qui ước, mm	19	25	32	38	50	100	175	200	300
ξ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,14

27 Van một chiều và van hút có lưới

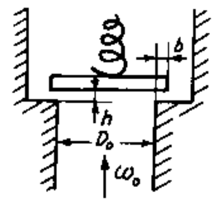
Giá trị ξ xác định theo bảng N°46

N°46

D, mm	40	70	100	200	300	500	750
Van một chiều	1,3	1,4	1,5	1,9	2,1	2,5	2,9
Van hút	12	8,5	7,0	4,7	3,7	2,5	1,6

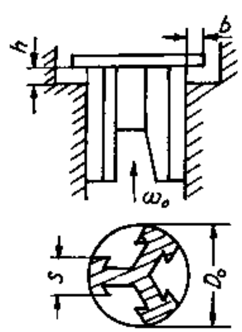
28 Van một chiều

a) Kiểu đĩa không có định hướng phía dướ



i h- chiều cao mở của van, m;
b- chiều rộng của vành đĩa, m;
D_o- đường kính ống dẫn trước van, m;
w_o- tốc độ dòng tại mặt cắt trước van

b) Kiểu đĩa có định hướng phía dưới



Đối với tốc độ của dòng w_o ở tiết diện ống trước van

$$\xi = \alpha + \beta$$

Giá trị α xác định theo bảng N°47 và giá trị β xác định theo bảng N°48

N°47

b/D_o	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25
α	0,55	0,63	0,71	0,79	0,87	0,95	1,03	1,15

N°48

h/D_o	0,1	0,12	0,14	1,16	0,18	0,20	0,22	0,25
β	15,5	10,8	7,9	6,05	4,78	3,87	3,2	2,48

ξ xác định theo công thức $\xi = y\alpha + \dfrac{\beta}{\pi - \left(\dfrac{is}{D_o}\right)^2}$

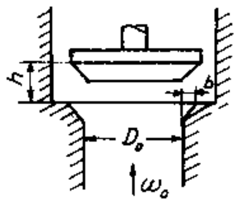
Giá trị α xác định theo bảng N°47
Giá trị γ xác định theo bảng N°49
Giá trị β xác định theo bảng N°50

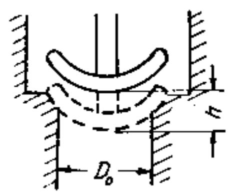
N°49

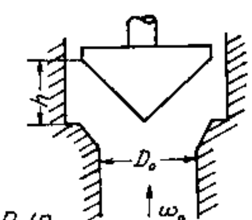
F/F_o	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87
γ	1,6	1,48	1,36	1,23	1,14	1,02	0,92	0,80

F_1- mặt cắt tự do của dòng chảy, m^2; F_o- mặt cắt của ống trước van,m^2; $F_o = 0,785D_o^2$; l- số gằn định hướng; s- chiều rộng chân của gằn định hướng, m

c) Kiểu đĩa còn có mặt tựa kiểu phẳng và kiểu đĩa hình cầu







N°50

h/D_o	0,125	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25
β	111	88,4	67,5	53,5	43,2	35,8	30	27,7

Giá trị ξ xác định theo công thức: $\xi = 2,7 + \beta$
Giá trị β xác định theo bảng N°51

N°51

h/D_o	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	−0,25
β	6	3	1,4	0,5	−0,1	−0,5	−0,7	−0,9	−1,0

Giá trị ξ xác định theo bảng N°52

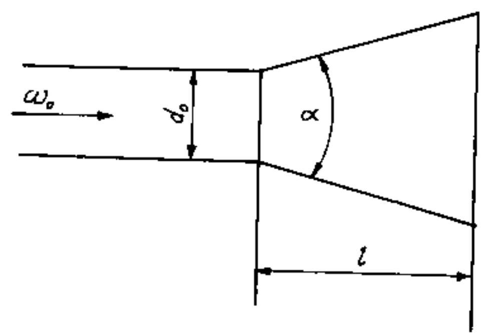
N°52

h/D_o	0,1	0,15	0,3	0,35	0,40
β	15,6	7,3	2,3	1,8	1,5

Ra khỏi ống dẫn khí

$\xi = (1 + k)\xi$

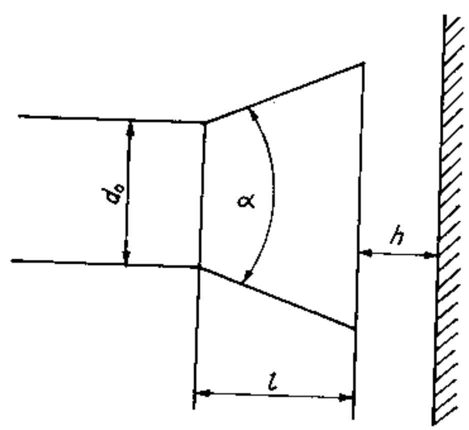
a) Ra tự do



Giá trị của ξ và k xác định theo bảng N°53

l/d_o \ α^o	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	30	k
1,0	0,9	0,79	0,70	0,62	0,55	0,5	0,41	0,38	0,38	0,39	0,40	0,45
1,5	0,84	0,70	0,60	0,51	0,45	0,4	0,34	0,33	0,36	0,40	0,42	0,42
2,0	0,81	0,65	0,52	0,42	0,37	0,33	0,20	0,30	0,35	0,40	0,44	0,40
2,5	0,78	0,60	0,45	0,36	0,30	0,27	0,26	0,28	0,35	0,41	0,44	0,37
3,0	0,74	0,53	0,40	0,31	0,27	0,24	0,23	0,27	0,35	0,44	0,48	0,35
4,0	0,66	0,44	0,32	0,26	0,22	0,21	0,22	0,27	0,36	0,46	0,51	0,30
5,0	0,52	0,38	0,28	0,23	0,20	0,19	0,22	0,29	0,36	0,48	0,53	0,25
6,0	0,41	0,28	0,21	0,18	0,17	0,18	0,24	0,32	0,42	0,51	0,56	0,20
10,0	0,40	0,20	0,15+	0,14	0,16	0,18	0,20	0,35	0,45	0,55	0,56	0

b) Bị chắn bởi trường ngoài

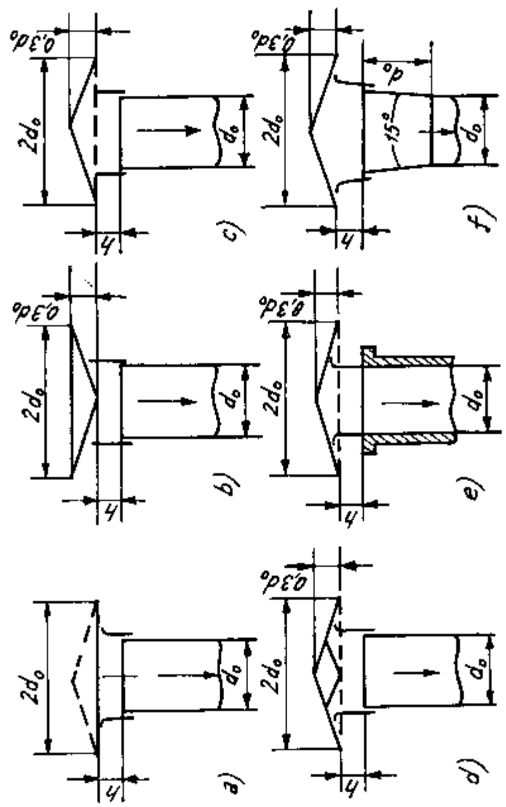


Với tỉ số $\frac{l}{d_o} = 1$, hệ số trở lực ξ phụ thuộc vào góc α và tỉ số $\frac{h}{d_o}$ xác định theo bảng N°54

N°54

α^o \ η/δ_o	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0
0	-	-	-	-	-	1,37	1,2	1,11	1,0
15	-	-	1,5	1,06	0,72	0,61	0,59	0,58	0,53
30	-	1,23	0,79	0,66	0,64	0,66	0,66	0,67	0,67
45	1,50	0,85	0,73	0,75	0,79	0,81	0,82	0,82	0,82
60	0,98	0,76	0,80	0,90	0,96	1,00	1,01	1,02	1,02
90	0,72	0,74	0,83	0,89	0,94	0,96	0,98	1,0	1,00

30. Đi vào và đi ra khỏi ống có nắp chắn khác nhau



Giá trị hệ số ξ đối với trường hợp vào ống qua nắp chắn, xác định theo bảng N°55

N°55

Loại	Các dạng của nắp chắn	Tỉ số h/d_o										
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	∞
a	Có màn phẳng	-	4,4	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1	1,05	1,05
b	Có nón ngửa	-	4,8	6,4	2,7	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,05	1,05
c	Có nón thuận	2,6	1,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,05	1,05
d	Có nón ngửa và thuận	2,9	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,05	1,05
e	Có nón thuận khi mép ống dày	2,1	1,3	0,95	0,85	0,75	0,7	0,65	0,63	0,6	0,6	0,6
f	Có ống hẹp dần và nón thuận	1,3	0,75	0,6	0,50	0,4	0,3	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25

Giá trị ξ khi đi ra khỏi ống có nắp chắn, xác định theo bảng N°56

N°56

Loại	Các dạng của nắp chắn	Tỉ số h/d_o								
		0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,80	1,0
a	Có tấm phẳng	3,4	2,6	2,1	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0
b	Có nón ngửa	-	-	-	3,5	2,6	2,0	1,5	1	1
c	Có nón thuận	1,9	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1
d	Có cả nón thuận và ngửa	2,3	1,9	1,77	1,5	1,4	1,3	1,1	1,1	1
e	Có nón thuận và ống rộng dần	1,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

§4. Sức cản thủy lực của chùm ống

40. Khi dòng chảy dọc theo trục của ống, trở lực tính theo công thức của chất lỏng hoặc khí chảy trong ống dẫn thẳng, trong đó giá trị đường kính d thay bằng đường kính tương đương d_{td}.

41. Khi dòng chảy vuông góc với chùm ống, tính theo công thức (II.46).

a) Đối với ống xếp theo kiểu bàn cờ hình (II.15b)

khi $S_1/d < S_2/d$

thì $\xi = (4 + 6,6m)Re^{-0,28}$ (II.70)

khi $S_1/d > S_2/d$

thì $\xi = (5,4 + 3,4\ m)Re^{-0,28}$; (II.71)

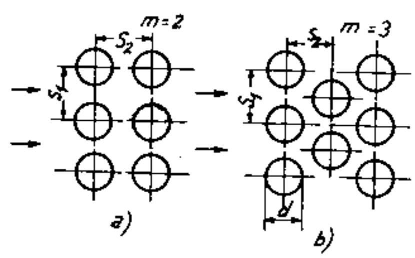
b) Đối với ống xếp theo kiểu hành lang:

$$\xi = (6 + 9m)(S/d)^{-0,23}(Re^{-0,26}; \quad \text{(II.72)}$$

trong đó S_1- khoảng cách giữa các trục ống theo phương cắt ngang của dòng chuyển động (theo chiều rộng của dòng); S_2- khoảng cách giữa các trục ống dọc theo phương chuyển động của dòng (theo độ sâu của dòng); d- đường kính ống; m- số dãy ống trong chùm theo phương chuyển động.

Tốc độ của khí hoặc lỏng trong các công thức (II.70) ÷ (II.72) phải tính tại tiết diện nhỏ nhất của chùm ống. Các thông số vật lý tính theo nhiệt độ trung bình của dòng.

Trong các công thức (II.70) ÷ (II.72) chỉ tính hệ số trở lực cho trường hợp dòng chảy vuông góc với trục ống $\alpha = 90^o$, khi góc $\alpha < 90^o$, hệ trở lực giảm xuống và được tính theo công thức sau:



Hình II.15. **Sơ đồ bố trí chùm ống:**
a) kiểu hành lang; b) kiểu bàn cờ

$$\Delta p_\alpha = \varepsilon.\Delta p_{90^o} \quad \text{(II.73)}$$

α	90	80	70	60	50	40	30	10
ε	1	1	0,95	0,83	0,69	0,53	0,38	0,15

IV. CHẤT LỎNG PHI NIUTƠN

§1. Khái niệm

42. Chất lỏng Niutơn là chất lỏng tuân theo định luật ma sát của Niutơn:

$$P = \mu F \frac{dw}{dy}\ ; \quad (11.74)$$

trong đó P- lực ma sát giữa các lớp chuyển động song song, N; μ- hệ số nhớt động lực (độ nhớt Niutơn), N.s/m^2; F- bề mặt ma sát, m^2; dw/dy - gradien tốc độ, m/s.m.

Độ nhớt Niutơn được xác định như sau:

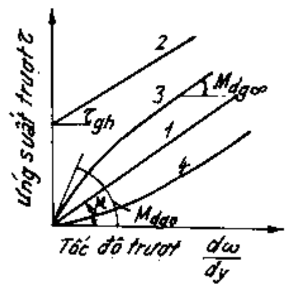
$$\mu = \tau \frac{dw}{dy} \quad ; \qquad (II.75)$$

trong đó τ- ứng suất trượt khi chất lỏng chảy dòng, N/m^2.

Độ nhớt Niutơn chỉ phụ thuộc vào loại chất lỏng, nhiệt độ, áp suất mà không phụ thuộc vào tốc độ trượt và tốc độ trung bình của dòng.

Phương trình (II.75) áp dụng được cho tất cả các loại khí cũng như các chất lỏng và dung dịch có khối lượng mol không lớn lắm.

Hình II.16 biểu diễn sự phụ thuộc giữa τ và dw/dy. Đường biểu diễn ứng với phương trình (II.75) là đường thẳng *1* qua gốc tọa độ có hệ số góc tg $\alpha = \mu$.



***Hình II.16.* Đường biểu diễn sự chảy của các chất lỏng có tính lưu biến ổn định**

1- chất lỏng Niutơn; 2- chất lỏng bingam, (dẻo quánh); 3- chất lỏng gần như chất dẻo; 4- chất lỏng dilatan

43. Chất lỏng không tuân theo định luật Niutơn gọi là chất lỏng phi Niutơn. Chất lỏng phi Niutơn có ba loại.

a) chất lỏng phi Niutơn có đặc trưng lưu biến không phụ thuộc thời gian, loại này có thể mô tả được bằng phương trình đặc trưng lưu biến;

b) chất lỏng phi Niutơn có đặc trưng lưu biến phụ thuộc thời gian, loại này không thể miêu tả được bằng phương trình đặc trưng lưu biến đơn giản;

c) chất lỏng dẻo đàn hồi.

§2. Đặc trưng của chất lỏng phi Niutơn

Có thể chia chất lỏng phi Niutơn thành ba nhóm lớn:

• ***Chất lỏng có đặc trưng lưu biến không phụ thuộc thời gian*** gồm các loại sau:

44. Chất lỏng bingam (dẻo quánh). Có tính chất như vật rắn đàn hồi, chỉ khi tốc độ lớn mới có tính chất linh động. Đó là các huyền phù mà giữa các hạt lơ lửng có sức hút lẫn nhau. Khởi đầu rất nhớt sau mới chảy tốt, như: chất dẻo nhão, bùn, sơn dầu, kem đánh răng.

Đường biểu diễn sự chuyển động của chất lỏng dẻo quánh là một đường thẳng cắt trục tung tại một điểm có tung độ là τ_{gh} (hình II.16). Khi $\tau \leq \tau_{gh}$ thì chất lỏng không chảy, khi $\tau > \tau_{gh}$ thì xuất hiện sự chảy nhớt.

Phương trình lưu biến được biểu diễn như sau:

$$\tau - \tau_{gh} = \mu_d \frac{dw}{dy} \qquad (II.76)$$

trong đó τ_{gh}- ứng suất trượt giới hạn: μ_d- độ nhớt dẻo.

45. Chất dẻo giả (chất lỏng gần như chất dẻo). Không có giới hạn của ứng suất trượt, khác với chất lỏng dẻo quánh là nó bắt đầu chảy khi giá trị của τ còn rất nhỏ.

Sự phụ thuộc của ứng suất trượt vào tốc độ trượt là đường cong đi qua gốc tọa độ và được biểu diễn bằng phương trình sau có dạng hàm số mũ:

$$\tau = k(dw/dy)^n; \qquad (II.77)$$

trong đó k- đặc trưng cho độ nhớt và không đổi đối với mỗi chất lỏng, độ nhớt của chất lỏng càng lớn thì k càng lớn; n- đặc trưng cho mức độ sai lệch với chất lỏng Niutơn, n

cũng là hằng số đối với mỗi chất lỏng và gần như không thay đổi trong một khoảng thay đổi tốc độ trượt khá lớn.

Nếu biểu diễn trong tọa độ logarit thì quan hệ (II.77) sẽ là đường thẳng với tang của góc nghiêng thay đổi trong giới hạn từ 0 đến 1.

Xuất phát từ phương trình (II.77), độ nhớt của chất dẻo giả được xác định theo phương trình sau:

$$\mu_d = \tau : \frac{dw}{dy} = k \left(\frac{dw}{dy}\right)^{n-1}; \qquad \text{(II.78)}$$

trong đó n nhỏ hơn 1, do đó bậc $(n - 1)$ sẽ âm, điều đó chứng tỏ độ nhớt giảm khi tốc độ trượt tăng. Trên hình II.16 ta thấy độ nhớt của chất dẻo giả thay đổi từ μ_o ở $\tau = 0$ đến μ_∞ ở $\tau \to \infty$.

Các loại huyền phù chứa hạt không đối xứng, dung dịch polime, giống các dẫn xuất của xenlulô đều thuộc loại chất dẻo giả.

46. Chất lỏng đilatan. Không có giới hạn độ linh động, nhưng khi tăng tốc độ trượt thì độ nhớt tăng. Chất lỏng đilatan là huyền phù đậm đặc mà các phần tử lơ lửng có sức đẩy nhau ra. Nó giống như hệ Niutơn ở giai đoạn građien tốc độ nhỏ, nhưng khi građien này đạt một giá trị nhất định thì τ tăng đột ngột. Ví dụ, 40% tinh bột nhão, khi khuấy chậm thì trở lực bé nhưng khuấy nhanh thì trở lực tăng đột ngột. Phương trình đặc trưng có dạng như phương trình (II.77) nhưng $n > 1$.

• ***Chất lỏng có đặc trưng lưu biến phụ thuộc thời gian,*** loại này không thể mô tả được bằng phương trình lưu biến đơn giản:

47. Loại chất lỏng ticxôtrôp. Cấu trúc của loại chất lỏng này bị phá vỡ khi tốc độ biến dạng không đổi. Độ nhớt biểu kiến giảm theo thời gian. Như vậy độ nhớt của loại chất lỏng này phụ thuộc vào thời gian chuyển động và tốc độ của nó. Ví dụ như sữa chua là thuộc loại chất lỏng này.

48. Loại chất lỏng rêôpêc. Cấu trúc không thay đổi khi chuyển động. Gồm phần lớn các chất keo, ví dụ như lòng trắng trứng. Do ảnh hưởng của chuyển động đơn hướng mà độ chảy của nó bị kém đi.

• ***Chất lỏng nhớt đàn hồi:***

49. Loại chất lỏng này có khả năng khôi phục hình dáng khi ngừng tác dụng lực và có tính chảy nhớt. Ví dụ như nhựa là thuộc loại chất lỏng này.

§3. Sự chảy của chất lỏng phi Niutơn trong ống tròn

50. Khi chất lỏng phi Niutơn đi từ bơm vào ống dẫn thì cấu trúc của nó đã bị thay đổi. Đặc trưng của sự vận chuyển chất lỏng này là công suất tiêu hao không đổi vì do sự tác dụng cơ học mạnh mà nó tiếp thu được những tính chất không phụ thuộc vào thời gian vận chuyển. Ngoài ra trước khi vào bơm chất lỏng thường được khuấy trộn, tạo thêm khả năng thay đổi cấu trúc của nó.

Song nếu khi vận chuyển chất lỏng (ví dụ chất lỏng ticxôtrôp) mà dùng bơm lại một thời gian dài và không tháo hết chất lỏng trong đường ống thì khi bơm lại cần phải có công suất khá lớn để phá hủy cấu trúc của chất lỏng và khôi phục sự chảy của chất lỏng trong ống dẫn.

Chỉ thực hiện được tính toán sự chuyển động của chất lỏng phi Niutơn trong chế độ ổn định.

51. Chế độ chảy dòng của chất lỏng phi Niutơn trong ống dẫn thẳng và tròn.

Có khá nhiều phương pháp tính toán đối với các chất lỏng có tính lưu biến ổn định nhưng tiện lợi và vạn năng hơn cả là phương pháp Metsne và Rid. Hệ số ma sát λ đối với tất cả các chất lỏng ở chế độ dòng được xác định theo công thức sau:

$$\lambda = \frac{64}{Re'} \quad ; \qquad \text{(II.79)}$$

trong đó Re' - chuẩn số Râynôn, trong trường hợp tổng quát xác định theo công thức sau:

$$Re' = \frac{d^{n'}.w^{2.n'}\rho}{k'.8^{n'-1}} \; ; \qquad \text{(II.80)}$$

ở đây d- đường kính ống dẫn, m; w - tốc độ trung bình của chất lỏng, m/s; ρ- khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m^3; k' - chỉ số bền vững (hằng số); n' - chỉ số bậc (không đổi hoặc thay đổi).

Nhờ đặc trưng lưu biến theo qui luật hàm mũ mà trong đó đại lượng n' không đổi, ta có thể biểu diễn Re' qua hàm số của k và n:

$$Re' = \frac{w^{2-n}d^{n}\rho}{\frac{k}{8}\left(\frac{6n+2}{n}\right)^{n}} \; ; \qquad \text{(II.81)}$$

ở đây k, n- các hằng số, xác định bằng thực nghiệm, phụ thuộc vào loại chất lỏng và nhiệt độ của nó. Đối với huyền phù thì k và n phụ thuộc vào loại huyền phù, nhiệt độ và nồng độ của nó.

52. Chế độ chảy xoáy của chất lỏng phi Niutơn trong ống thẳng và tròn.

Phương pháp tính sức cản thủy lực khi chất lỏng chảy dòng cũng áp dụng được cho khi chảy xoáy trong ống nhẵn.

Công thức gần đúng của Dot và Metsne là:

$$\lambda = C(Re')^{-m}; \qquad \text{(II.82)}$$

trong đó Re' - chuẩn số Râynôn xác định theo công thức (II.80); C,m- hàm số của n', cho trong bảng II.17.

Bảng II.17. **Giá trị đại lượng C và m theo n'**

n'	C	m
0,2	0,259	0,349
0,3	0,274	0,325
0,4	0,285	0,307
0,6	0,296	0,281
0,8	0,305	0,263
1,0	0,311	0,250
1,4	0,322	0,231
2,0	0,331	0,213

Khi chất lỏng phi Niutơn chảy xoáy trong ống nhám, sức cản thủy lực có thể tính theo công thức:

$$\frac{1}{\sqrt{l}} = A' + B' \lg (R/\varepsilon); \qquad \text{(II.83)}$$

trong đó R- bán kính ống dẫn, m; ε- chiều cao trung bình của gờ nhám, m; A', B' - hệ số, phụ thuộc vào n'.

V. THỦY ĐỘNG LỰC HỌC CỦA LỚP HẠT

A. LẮNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TRƯỜNG TRỌNG LỰC

§1. Lắng tự do của hạt rắn hình cầu

53. Phương pháp đồ thị - giải tích. Tốc độ lắng của hạt hình cầu đơn chiếc trong môi

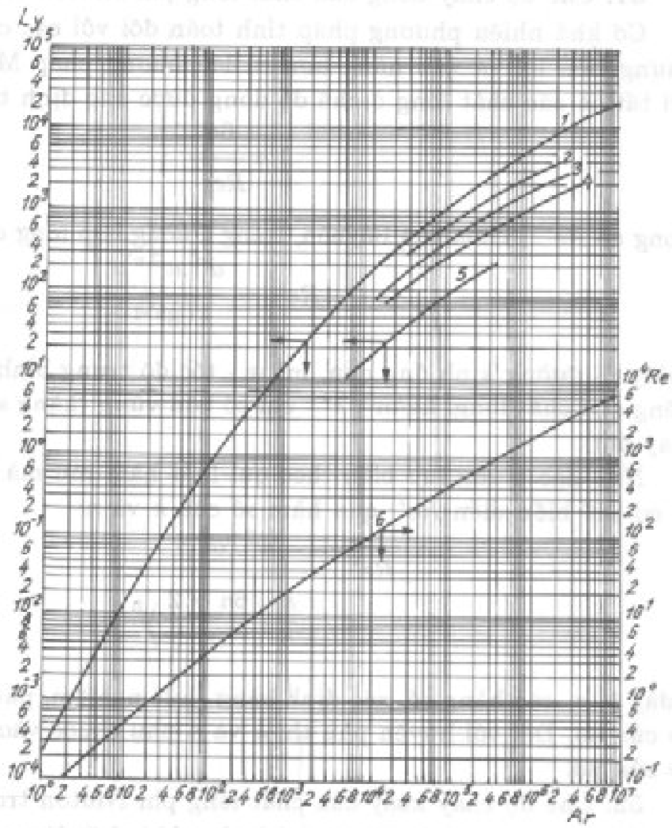
trường lỏng không giới hạn và yên tĩnh dưới tác dụng của trường trọng lực khi $Ar < 3,6$ hay $Ly < 0,0022$ hay $Re < 0,2$ được xác định theo công thức Stôc:

$$w_o = \frac{d_h^2(\rho_h - \rho_o)g}{18\mu_o}, \ \frac{m}{s} \qquad (II.84)$$

trong đó w_o- tốc độ lắng của hạt hình cầu, m/s; d_h- đường kính hạt cầu, m; ρ_h, ρ_o- khối lượng riêng của hạt rắn và của môi trường, kg/m^3; μ_o- độ nhớt của môi trường, N.s/m^2; g- gia tốc trọng trường, m/s^2.

Khi $Ar > 3,6$ hay $Ly > 0,0022$ hay $Re < 0,2$ thì dựa vào biểu đồ hình II.17 để tính tốc độ lắng. Biểu đồ này được xây dựng bằng số liệu thực nghiệm, biểu thị quan hệ giữa các chuẩn số như sau:

$$ArLy = Re^3; \qquad (II.85)$$



Hình II.17. **Sự phụ thuộc của chuẩn số *Ly*, *Re* vào chuẩn số *Ar* đối với quá trình lắng hạt đơn chiếc trong môi trường tĩnh:**
1 và 6- hạt hình cầu; 2 hạt có dạng tròn; 3- hạt có góc cạnh không đều; 4- hạt hình kim; 5- hạt hình bản

trong đó chuẩn số Acsimet:

$$Ar = \frac{Re^2}{Fr} \cdot \frac{\rho_h - \rho_o}{\rho_o} = \frac{d_h^3(\rho_h - \rho_o)\rho_o g}{\mu_o^2}; \qquad (II.86)$$

chuẩn số Liasencô:

$$Ly = \frac{Re^3}{Ar} = ReFr \cdot \frac{\rho_o}{\rho_h - \rho_o} = \frac{w_o^3 \rho_o^2}{\mu_o(\rho_h - \rho_o)g}; \qquad (II.87)$$

chuẩn số Râynôn:

$$Re = \frac{w_o d_h}{\nu_o} = \frac{w_o d_h \rho_o}{\mu_o}; \qquad (II.88)$$

chuẩn số Frut:

$$Fr = \frac{w_o^2}{d_h g}. \qquad (II.89)$$

Khi tính toán quá trình lắng, tùy điều kiện đã cho ta có thể dùng hai phương án sau đây:

a) Cần tính tốc độ lắng (tốc độ thăng bằng)[1] của hạt hình cầu khi đã biết đường kính hạt d_h. Ta tính chuẩn số Ar theo công thức (II.86) sau đó xác định chuẩn số Ly và Re theo biểu đồ hình II.17 và tìm tốc độ lắng theo công thức.

$$w_o = \sqrt[3]{\frac{Ly\mu(\rho_h - \rho_o).g}{\rho_o^2}}\ ; \quad \text{(II.90a)}$$

hay

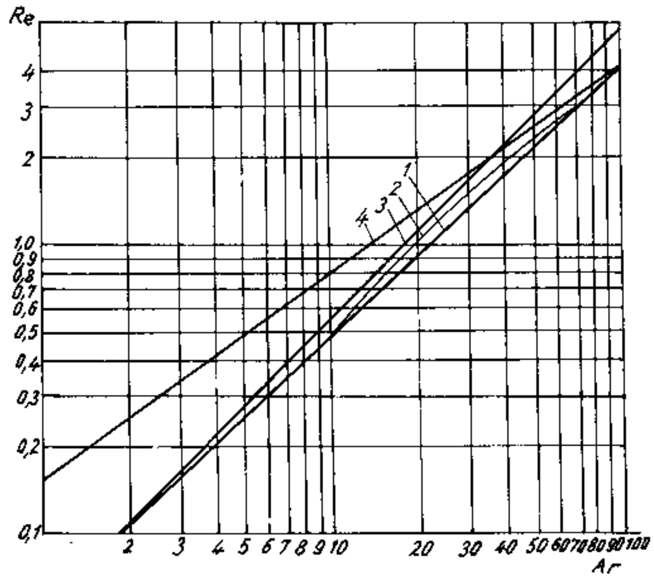
$$w_o = \frac{Re.\nu_o}{d_h}\ ; \quad \text{(II.90b)}$$

b) Cần xác định đường kính hạt hình cầu d_h khi đã biết tốc độ lắng.w_o. Trước hết tính chuẩn số Ly theo công thức (II.87), sau đó xác định chuẩn số Ar hay Re theo biểu đồ h.II.17. Đường kính hạt d_h được xác định theo công thức:

$$d_h = \sqrt[3]{\frac{Ar\ \mu_o^2}{(\rho_h - r_o)\rho_o g}}\ ; \quad \text{(II.91)}$$

hay

$$d_h = \frac{Re\ \nu_o}{w_o}\ . \quad \text{(II.92)}$$



Hình II.18. **Sự so sánh các công thức tính chuẩn số Râynôn trong giới hạn Re = 0,1 - 4;**
1- theo công thức: (II.94); 2- theo công thức (II.103); 3- theo công thức (II.93a); 4- theo công thức (II.97); số liệu thực nghiệm nằm giữa hai đường cong 1 và 2

54. Phương pháp giải tích (cách thứ nhất):

a) Khi $Ar < 3,6$ hay $Ly < 0,0022$ hay $10^{-4} < Re < 0,2$[2]

$$Re = \frac{Ar}{18} = 0,056Ar; \quad \text{(II.93a)}$$

Đây là công thức Stôc (II.84) được thể hiện dưới một dạng khác.

Khi lắng trong môi trường khí ta có thể bỏ qua ρ_o vì $\rho_h << \rho_o$, công thức (II.84) có dạng đơn giản hơn:

$$w_o = \frac{d_h^2\,\rho_h g}{18\mu_o}\ , \quad \text{(II.93b)}$$

b) Trong giới hạn $3,6 < Ar < 100$ hay $0,0022 < Ly < 0,64$ hay $0,2 < Re < 4$, công thức (II.103) khá phù hợp với số liệu thực nghiệm. Điều này được thể hiện rõ trên hình II.18.

1) Tốc độ chuyển động của môi trường bằng tốc độ lắng của hạt đơn chiếc gọi là tốc độ thăng bằng.

2) Khi Re ጰ 10^{-4} các hạt rất nhỏ, lúc đó các hạt bắt đầu có chuyển động Brao.

Giới hạn giá trị Râynôn đã cho ($0,2 < Re < 4$) đáp ứng khá đầy đủ cho công việc tính toán thiết kế thiết bị hóa chất. Ngoài công thức (II.103) người ta còn đưa ra một số công thức sau đây:

$$Re = 0,0593\, Ar^{0,92}; \qquad (II.94)$$

$$Re = 4,97 Ly^{0,523}; \qquad (II.95)$$

$$Ly = 2,085.10^{-4} Ar^{1,76} \qquad (II.96)$$

Sau khi tính được chuẩn số Re ta tính tốc độ lắng w_0 và đường kính hạt d_h theo công thức (II.90b) và (II.92).

c) Khi $100 < Ar < 84.10^3$ hay $0,64 < Ly < 1,5.10^3$ hay $4 < Re < 500$, thì:

$$Re = 0,152 Ar^{0,715}; \qquad (II.97)$$

$$Re = 5,18 Ly^{0,625}; \qquad (II.98)$$

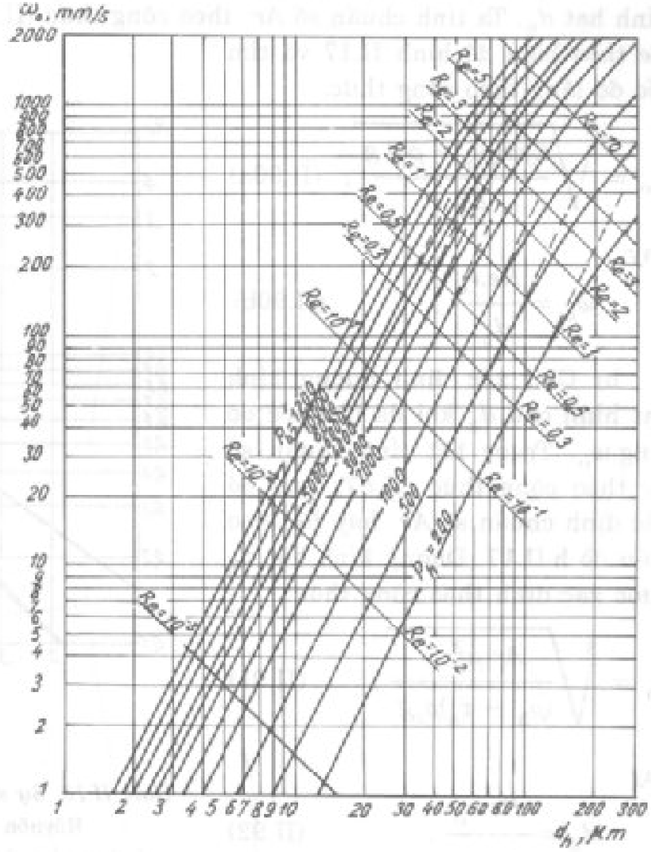
$$Ly = 3,55.10^{-3}.Ar^{1.145} \qquad (II.99)$$

d) Khi $Ar > 84.10^3$ hay Ly ℜ $1,5.10^3$ hay $Re > 500$, thì

$$Re = 1,74 Ar^{0,5}; \qquad (II.100)$$

$$Re = 0,33 Ly; \qquad (II.101)$$

$$Ly = 5,27 Ar^{0,5}. \qquad (II.102)$$



Hình II.19. **Biểu đồ xác định tốc độ lắng của hạt đơn chiếc hình cầu trong khoảng không gian không hạn chế của không khí ở nhiệt độ 20°C và áp suất khí quyển đường chấm biểu thị quan hệ phụ thuộc của tốc độ lắng vào đường kính hạt theo định luật Stôc; đường liền xây dựng theo số liệu thực nghiệm**

55. Phương pháp giải tích (cách thứ hai)

Tốc độ lắng hạt đơn chiếc hình cầu dưới tác dụng của trường trọng lực có thể xác định được bằng cách nội suy công thức Tôđec:

$$Re = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}} \qquad (II.103),$$

Công thức này áp dụng được cho tất cả các chế độ chảy bao quanh hạt rắn hình cầu đơn chiếc.

Trong thực tế thường phải tính tốc độ lắng của hạt hình cầu bé trong không khí ở 20°C và áp suất khí quyển. Để tính toán nhanh chóng, nhẹ nhàng người ta đưa ra biểu đồ hình II.19 để tính w_0 cho trường hợp này.

§2. Lắng tự do của hạt rắn không phải hình cầu

56. Tốc độ lắng tự do của một hạt rắn không phải hình cầu luôn luôn nhỏ hơn tốc độ lắng của hạt hình cầu. Cho đến nay vẫn chưa có công thức chính xác để tính ảnh

hưởng của hình dạng hạt lên quá trình lắng. Vì vậy tốc độ lắng của các hạt không phải hình cầu thường được xác định bằng thực nghiệm.

Để tính gần đúng quá trình lắng của hạt không phải hình cầu người ta sử dụng các phương pháp sau đây:

57. Khi tìm tốc độ lắng, trước hết cần xác định đường kính tương đương của hạt có thể tích V đã cho trước:

$$d_{td} = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi}V} = 1{,}24\sqrt[3]{\frac{m}{\rho_h}}\text{, m;} \tag{II.104}$$

trong đó m- khối lượng của hạt, kg; ρ_h- khối lượng riêng của hạt, kg/m^3.

Sau đó tính chuẩn số Ar theo đường kính tương đương:

$$Ar = \frac{d_{td}^3.(\rho_h - \rho_o)\rho_o.g}{\mu_o^2} \tag{II.105}$$

Dựa vào đồ thị h.II.17 căn cứ vào trị số Ar ta tìm giá trị chuẩn số Ly theo đường cong cho hạt hình cầu, sau đó tính tốc độ lắng của hạt không phải hình cầu theo công thức sau:

$$w_o = \varphi_1.\sqrt[3]{Ly.\frac{\mu_o(\rho_h - \rho_o)g}{\rho_o^2}}\ ; \tag{II.106}$$

trong đó φ_1- hệ số tính đến hình dạng của hạt xác định bằng thực nghiệm cho trong bảng II.18.

Bảng II.18. **Giá trị hệ số φ_1 đối với các hạt có hình dạng khác nhau**

Ar	Hình dạng của hạt				
	hình cầu	dạng hình tròn	có góc cạnh	hình kim	hình bản
15000	1	0,805	0,68	0,61	0,45
20000	1	0,8	0,678	0,595	0,441
40000	1	0,79	0,672	0,59	0,433
100000	1	0,755	0,65	0,564	0,420
200000	1	0,753	0,647	0,562	0,408
400000	1	0,74	0,635	0,56	0,392

Khi tính gần đúng có thể lấy $\varphi_1 = 0{,}75$.

58. Xác định kích thước của hạt không phải hình cầu theo tốc độ lắng w_o. Ta tính Ly theo công thức (II.87), sau đó dùng đồ thị h.II.17 xác định chuẩn số Ar cho hạt hình cầu và tính đường kính tương đương của hạt theo công thức sau:

$$d_{td} = \varphi_2\sqrt[3]{\frac{Ar.\mu_o^2}{(\rho_h - \rho_o).\rho_o.g}}\ ; \tag{II.107}$$

trong đó φ_2- hệ số kể đến hình dạng của hạt, giá trị φ_2 xác định bằng thực nghiệm và cho trong bảng II.19.

Bảng II.19. Giá trị hệ số φ_2 đối với các hạt có hình dạng khác nhau

Ly	Hình dạng của hạt				
	hình cầu	có dạng hình tròn	có góc cạnh không đều	hình kim	hình bản
13	1	–	–	–	2,09
130	1	1,21	1,495	1,865	2,92
260	1	1,34	1,64	2,03	3,34
580	1	1,44	1,7	2,18	3,68
2600	1	1,61	1,96	2,5	
5000	1	1,76	–	–	

§3. Quá trình lắng chen nhau của hạt rắn

59. Lắng chen nhau là quá trình lắng trong môi trường có nồng độ hạt rắn rất lớn. Ngoài ảnh hưởng của hình dạng hạt, tốc độ lắng còn chịu ảnh hưởng của nồng độ pha rắn trong huyền phù. Tốc độ lắng của quá trình này luôn luôn nhỏ hơn tốc độ lắng tự do.

60. Tốc độ lắng chen nhau của hạt hình cầu (đối với thành thiết bị, nghĩa là tọa độ đứng yên tương đối) có thể xác định theo công thức sau:

khi $\varepsilon < 0,7$:

$$w_{ch} = w_o \varepsilon^2 .10^{-1,82(1 - \varepsilon)}; \qquad \text{(II.108)}$$

khi $\varepsilon \le 0,7$:

$$w_{ch} = w_o \frac{0,123\varepsilon^3}{1 - \varepsilon}; \qquad \text{(II.109)}$$

trong đó w_{ch}- tốc độ lắng chen nhau của hạt, m/s: w_o- tốc độ lắng tự do của hạt nhỏ nhất, m/s; $\varepsilon = V_l(V_l + V_h)$- phần thể tích lỏng trong huyền phù; V_l- thể tích lỏng trong huyền phù, m^3; V_h- thể tích hạt rắn trong huyền phù, m^3.

Đối với huyền phù ta có thể xác định ε theo công thức:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\bar{x}\rho}{\rho_h}; \qquad \text{(II.110)}$$

trong đó x - phần khối lượng của pha rắn trong huyền phù, kg pha rắn/kg huyền phù; ρ_h- khối lượng riêng của pha rắn, kg/m^3; ρ - khối lượng riêng của huyền phù, kg/m^3.

Khối lượng riêng của huyền phù xác định theo công thức sau:

$$\rho = \frac{1}{\left(\frac{\bar{x}}{\rho_h}\right) + \left(\frac{1-\bar{x}}{\rho_o}\right)}, \ kg/m^3; \qquad \text{(II.111)}$$

trong đó ρ_o- khối lượng riêng của môi trường, kg/m^3.

B. LẮNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA LỰC LY TÂM

61. Khi pha rắn có khối lượng riêng lớn hơn khối lượng riêng của môi trường thì dưới

tác dụng của lực ly tâm pha rắn sẽ lắng xuống, nghĩa là chuyển động theo phương của lực ly tâm (phương bán kính).

62. Tốc độ lắng của hạt rắn dưới tác dụng của lực ly tâm cũng xác định như lắng trong trường trọng lực nhưng chỉ khác là thay gia tốc trọng trường g bằng gia tốc ly tâm a:

$$a = \omega^2 r$$

trong đó ω - tốc độ góc, rad/s; r - khoảng cách từ trục quay đến tâm của hạt, m.

63. Quan hệ giữa các chuẩn số trong trường hợp ly tâm cũng giống như trường hợp lắng dưới tác dụng của trường trọng lực.

$$Ar_{lt} Ly_{lt} = Re^3. \qquad \text{(II.112)}$$

Tính các chuẩn số trong trường hợp ly tâm theo công thức sau:

$$Ar_{lt} = \frac{d_h^3.(\rho_h - \rho_o).\rho_o.a}{\mu_o^2}; \qquad \text{(II.113a)}$$

hay

$$Ar_{lt} = Ar\varphi; \qquad \text{(II.113b)}$$

$$Ly_{lt} = \frac{w_o^3.\rho_o^2}{\mu_o(\rho_{h'} - \rho_o)a}; \qquad \text{(II.114a)}$$

hay

$$Ly_{lt} = \frac{Ly}{\phi}; \qquad \text{(II.114b)}$$

trong đó d_h- đường kính hạt hình cầu, m; ρ_h, ρ_o- khối lượng riêng của hạt và của môi trường, kg/m^3; μ_o- độ nhớt của môi trường, N.s/m^2; a- gia tốc ly tâm, m/s^2; w_o- tốc độ lắng hạt hình cầu dưới tác dụng của lực ly tâm, m/s; $\phi = a/g$- yếu tố phân tách, là tỉ số giữa gia tốc ly tâm và gia tốc trọng trường.

64. Công thức tính quá trình lắng dưới tác dụng của lực ly tâm, khi $Ar_{lt} < 3{,}6$ hay $Ly_{lt} < 0{,}0022$ hay $10^{-4} < Re < 0{,}2$:

$$Re = \frac{Ar_{lt}}{18} = 0{,}056 Ar_{lt}; \qquad \text{(II.115a)}$$

hay là ở dạng khai triển;

$$w_o = \frac{d_h^2(\rho_h - \rho_o)a}{18.\mu_o}. \qquad \text{(II.115b)}$$

Khi $3{,}6 < Ar_{lt} < 100$ hay $0{,}0022 < Ly_{lt} < 0{,}64$ hay $0{,}2 < Re < 4$ ta dùng các công thức (II.94) ÷ (II.96).

Khi $100 < Ar_{lt} < 84 \,.\, 10^3$ hay $0{,}64 < Ly_{lt} < 1{,}5.10^3$ hay $4 < Re < 500$ ta dùng các công thức (II.97) ÷ (II.99).

Khi $Ar_{lt} > 84.10^3$ hay $Ly_{lt} > 1{,}5.10^3$ hay $Re > 500$ ta dùng các công thức (II.100) ÷ II.102).

Khi xác định tốc độ lắng w_o theo chuẩn số Ly_{lt} hoặc xác định đường kính hạt d_h theo chuẩn số Ar_{lt} ta dùng các công thức tương tự như hai công thức (II.90) và (II.91):

$$w_o = \sqrt[3]{\frac{Ly_{lt} u_o(\rho_h - \rho_o)a}{\rho_o^2}}; \qquad \text{(II.116)}$$

$$d_h = \sqrt[3]{\frac{Ar_{lt}\,\mu_o^2}{(\rho_h - \rho_o)\rho_o a}} \qquad (II.117)$$

Khác với trường hợp lắng dưới tác dụng của trường trọng lực, tốc độ lắng dưới tác dụng của lực ly tâm là một đại lượng thay đổi, vì lực tác dụng lên hạt (gia tốc ly tâm) thay đổi với sự chuyển đổi của hạt từ trong ra ngoài (theo phương bán kính).

C. SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA KHÍ, HƠI HAY CHẤT LỎNG QUA LỚP VẬT LIỆU HẠT

65. Khi cho dòng khí, hơi hay chất lỏng đi từ dưới lên qua lớp vật liệu hạt đổ lộn xộn thì xảy ra các hiện tượng sau:

a) Khi tốc độ dòng còn bé lớp hạt không chuyển động. Hiện tượng này giống như hiện tượng lọc khí hay lỏng qua lớp bã (vách ngăn). Các đặc trưng của lớp (khối lượng riêng, độ xốp) không thay đổi theo tốc độ khí (hơi hay lỏng).

b) Khi tốc độ dòng lớn hơn tốc độ tới hạn nào đó w_{th} thì hạt rắn trở nên linh động và bắt đầu chuyển động, lớp hạt có tính chất "chảy" - xuất hiện lớp lơ lửng (ta thường gọi là tầng sôi hay lỏng giả). Trạng thái này tồn tại trong khoảng tốc độ từ w_{th} đến w_p (w_p là tốc độ phụt, là tốc độ nhỏ nhất của dòng mà khí hay lỏng bắt đầu mang hạt rắn ra khỏi thiết bị).

§1. Lớp hạt không chuyển động

66. Độ xốp của lớp vật liệu hạt

Độ xốp phụ thuộc vào phương pháp đổ vật liệu, độ nhám, hình dạng hạt, tỉ lệ giữa đường kính hạt và đường kính lớp hạt và độ đồng đều của hạt.

Độ xốp của lớp hạt không đồng đều (đa phân tán) bé hơn độ xốp của lớp hạt đồng đều. Trường hợp đổ lộn xộn thì độ xốp sẽ bé nhất nếu hạt là hình cầu. Độ xốp ở gần thành thiết bị thường lớn hơn ở giữa. Giá trị chính xác của độ xốp chỉ có thể xác định bằng thực nghiệm chứ không phải bằng tính toán.

a) Độ xốp của lớp vật liệu đổ lộn xộn, đứng yên bằng thể tích tự do và có thể xác định theo công thức sau:

$$\varepsilon = \frac{V_o - V_h}{V_o}\ ; \qquad (II.118)$$

trong đó V_o- thể tích của lớp vật liệu xốp, m^3; V_h- thể tích do vật liệu chiếm, m^3.

b) Khối lượng riêng của lớp khí có chất lỏng lọc qua:

$$\rho_1 = (1 - \varepsilon_o)\rho_h + \varepsilon_o \rho_o,\ kg/m^3; \qquad (II.119)$$

trong đó ρ_h- khối lượng riêng của hạt, kg/m^3; ρ_o- khối lượng riêng của môi trường, kg/m^3.

c) Độ xốp khi chất lỏng đi qua lớp hạt (ví dụ, khi lọc):

$$\varepsilon_o = (\rho_h - \rho_1)/(\rho_h - \rho_o). \qquad (II.120)$$

d) Độ xốp khi khí bay hơi đi qua lớp hạt. Trường hợp này $\rho_h > \rho_o$, do đó có thể coi khối lượng riêng của lớp ρ_1 bằng khối lượng riêng xốp ρ_x, ta có:

$$\varepsilon_o = 1 - (\rho_x/\rho_h). \qquad (II.121)$$

Người ta thường chấp nhận độ xốp của lớp hạt hình cầu đổ lộn xộn, không chuyển

động, có kích thước đồng đều trong khoảng 0,38 ÷ 0,42 (trung bình là ~ 0,4).

Trong thực tế độ xốp của lớp hạt có thể dao động trong giới hạn 0,35 ÷ 0,45 hay rộng hơn:

67. Trở lực lớp hạt

Có khá nhiều công thức để tính trở lực lớp hạt. Sau đây là một số công thức thông dụng nhất. Cần chú ý là đối với lớp hạt có kích thước khác nhau nhiều (độ đa phân tán rộng) ta không nên hy vọng đạt được độ chính xác lớn trong tính toán.

a) Công thức Akopian - Kaxatkin:

$$\Delta p = \lambda_h \cdot \frac{H_o}{d_h} \cdot \frac{w_k^2 \cdot \rho_o}{2} \cdot \frac{(1-\varepsilon_o)^2}{\varepsilon_o^3} \varphi . \mathrm{N/m^2} \quad ; \qquad \text{(II.122)}$$

trong đó Δp - tổn thất áp suất qua lớp hạt, $\mathrm{N/m^2}$; λ_h- hệ số ma sát của lớp hạt; H_o- chiều cao lớp hạt, m; d_h- đường kính trung bình của hạt, m; w_k- tốc độ biểu kiến của khí hay lỏng qua toàn bộ mặt cắt ngang của thiết bị, m/s; ρ_o- khối lượng riêng của môi trường, $\mathrm{kg/m^3}$; ε_o- độ xốp của lớp hạt; φ- hệ số hình dạng, phụ thuộc vào kích thước và hình dạng hạt. Hệ số này chỉ ra rằng, bề mặt thấm ướt của lớp gồm các hạt đã cho bao nhiêu lần lớn hơn bề mặt thấm ướt của lớp hạt hình cầu. Hệ số hình dạng chỉ có thể xác định được bằng thực nghiệm.

Hệ số ma sát λ_h phụ thuộc vào giá trị chuẩn số Râynôn tính theo đường kính hạt:

$$Re_h = \frac{w_k d_h \rho_o}{\mu_o} = Re \frac{1-\varepsilon}{\phi} \; ; \text{ ở đây } \; \phi = \frac{1}{\sqrt{\varphi}}$$

Bằng thực nghiệm người ta tìm được các quan hệ phụ thuộc sau:

khi $Re_h \le 35$: $\quad \lambda_h = 220/Re_h$; (II.123a)

khu vực $35 \le Re_h \le 70$ là khu vực quá độ;

khi $70 \le Re_h \le 7000$:

$$\lambda_h = 11{,}6/Re_h^{0,25}; \qquad \text{(II.123b)}$$

khi $Re_h > 7000$:

$$\lambda_h = \text{const} = 1{,}26. \qquad \text{(11.123c)}$$

Để tính trở lực của lớp hạt đã cho nào đó không chuyển động cần phải tiến hành một thí nghiệm ở tốc độ và nhiệt độ bất kỳ đối với lớp hạt có thành phần hạt như vậy và tính φ theo các công thức sau:

khi $Re_h \le 35$:

$$\varphi = 0{,}0091 \frac{\varepsilon_o^3 d_h}{(1-\varepsilon_o)^2 H_o} \cdot \frac{\Delta p}{\rho_o w_k^2} Re_h; \qquad \text{(II.124a)}$$

khi $50 \le Re_h \le 7200$:

$$\varphi = 0{,}173 \frac{\varepsilon_o^3 d_h}{(1-\varepsilon_o)^2 H_o} \cdot \frac{\Delta p}{p_o w_k^2} Re_h^{0,25} \qquad \text{(II.124b)}$$

Với giá trị φ tìm được ta có thể tính trở lực lớp hạt đã cho ở điều kiện bất kỳ theo công thức (II.122).

Nếu không thể tiến hành thí nghiệm được thì ta có thể sử dụng các số liệu cho trong bảng II.20.

Bảng II.20. **Hệ số hình dạng φ của vật liệu hạt**

Vật liệu	d_h, mm	φ	Vật liệu	d_h, mm	φ
Cát	0,158	2,68	Hạt thủy tinh (tròn)	0,21	2,63
	0,18	2,5		0,452	1,57
	0,247	1,07		0,569	1,50
	0,25	3,06		2,287	1,80
	0,27	1,2		5,2	3,66
	0,29	1,21	Silicagen	0,18	6,3
	0,418	3,65		0,296	5,5
	0,589	1,05	Silicagen nhôm	0,15	4,1
	0,71	2,26		0,25	3,05
	0,94	1,04		0,4	1,79
Cát biển	0,374	1,9		2,5	5,46
	0,556	4,76		3,5	2,7
	1,0	4,15		4,5	7,05
Đệm vòng	15x15x2	52	Thép	2	1
	25x25x3	44		4	1
Đệm thủy tinh	5,75	55,5	Than	1,5	2
Hạt chì	1,35	1,2	Xúc tác	4,41	4,1
Hạt policlovinyl (tròn)	0,19	1,47		5,0	5,2
Thủy tinh hữu cơ	2	1,15		5,23	3,28
				6,10	7,2

b) Công thức Lêva dùng cho lớp hạt có hình dạng bất kỳ ở mọi chế độ của quá trình lọc:

$$\Delta p = \lambda \frac{H_o}{d_{td}} \cdot \frac{w_k^2 \rho_o}{2} \left[\frac{(1-\varepsilon_o)^{3-n}}{\varepsilon_o^3} \cdot \varphi^{3-n} \right]; \qquad \text{(II.125)}$$

trong đó λ- hệ số ma sát, phụ thuộc vào chuẩn số *Re*; H_o- chiều cao của lớp hạt, m; ε_o- độ xốp của lớp hạt; ρ_o- khối lượng riêng của môi trường, kg/m^3; w_k- tốc độ lưu thể đi qua toàn bộ mặt cắt ngang của thiết bị (tốc độ biểu kiến), m/s; Δp- tổn thất áp suất khi qua lớp hạt (trở lực), N/m^2; φ - hệ số hình dạng; d_{td}- đường kính tương đương của hạt, nghĩa là đường kính của hạt hình cầu có cùng thể tích, và được xác định theo công thức sau:

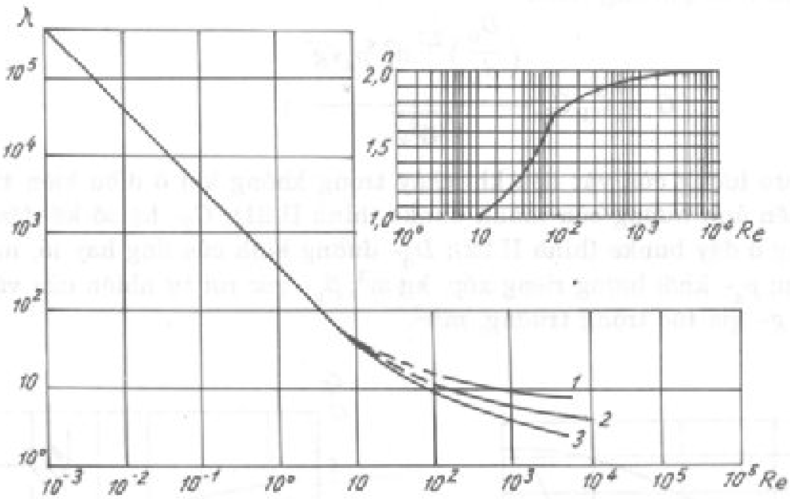
$$d_{td} = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}, \text{ m};$$

V- thể tích của một hạt, m^3.

Đối với hạt có hình dạng chính tắc, hệ số φ được xác định theo công thức sau:

$$\varphi = 0,207 \frac{F}{V^{2/3}}; \qquad \text{(II.126)}$$

F - bề mặt của hạt, m^2



Hình II.20. **Sự phụ thuộc của hệ số ma sát l và chỉ số bậc n vào chuẩn số Râynôn** $Re = \frac{w_k d_{td} \rho_o}{\mu_o}$;
1- magiê oxit, nhôm oxit (cắt nhám); 2- nhôm oxit bột, nhôm oxit (nhôm trung bình);
3- sứ, thủy tinh (vật liệu nhẵn)

Đối với hạt có hình dạng không chính tắc, vì không tính trực tiếp được bề mặt F nên ta không thể dùng công thức (II.126) để tính φ mà phải tiến hành thí nghiệm để xác định trở lực của lớp hạt đối với hạt đã cho ở trong vùng $Re < 10$ (lúc đó không có ảnh hưởng của độ nhám). Khi đó trong công thức (II.125) chỉ có một ẩn số duy nhất là φ. Giá trị của φ tính được theo công thức này có thể sử dụng cho cùng loại hạt trên nhưng trong những điều kiện khác.

Đại lượng n trong công thức (II.125) phụ thuộc vào chuẩn số Râynôn. Quan hệ phụ thuộc này được biểu diễn trên hình II.20.

Khi giá trị $Re < 10$ thì đại lượng $n = 1$.

Khi giá trị $Re \geq 10$ thì đại lượng n xác định theo đồ thị.

Trên hình II.20 còn cho biết sự phụ thuộc của λ vào độ nhám của hạt khi $Re > 0$.

§2. Lớp vật liệu đặc chuyển động

8. Lớp vật liệu rơi xuống dưới tác dụng của trường trọng lực mà chúng ta thường thấy khi tháo vật liệu ra khỏi bunke, đáy xiclôn,... được coi là lớp vật liệu đặc chuyển động (nghĩa là trong chuyển động các hạt vẫn sít nhau).

Độ xốp của lớp vật liệu này rất gần với độ xốp lớn nhất có thể đạt được của lớp vật liệu đặc bất động vì lớp hạt đổ lộn xộn có thể dãn ra khi bắt đầu chuyển động.

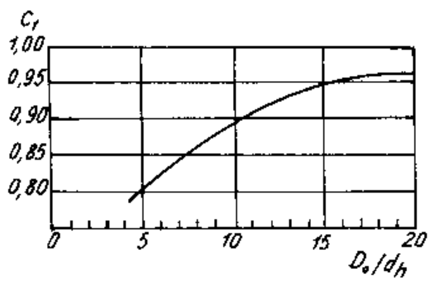
Raus đã tiến hành nghiên cứu một cách có hệ thống lớp vật liệu đặc chuyển động với các hạt vật liệu rất khác nhau về khối lượng riêng, hình dạng và kích thước. Những số liệu thu được ở trường hợp ống có đường kính 76−204 mm và đường kính ống tháo 1,6 - 51 mm. Tỉ số đường kính ống và đường kính hạt thay đổi trong giới hạn 2,5 − 250.

Số liệu thực nghiệm của Raus khi vật liệu chuyển động trong không khí ở điều kiện

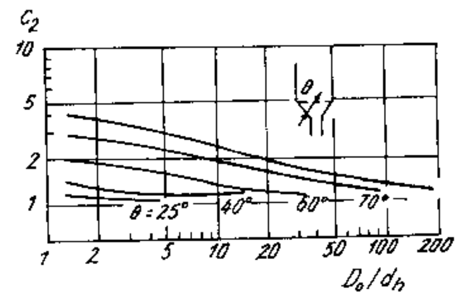
Số liệu thực nghiệm của Raus khi vật liệu chuyển động trong không khí ở điều kiện thường xác định theo phương trình:

$$G = C_1.C_2 \frac{\left(\frac{D_o}{d_h}\right)^{2,7}.d_h^{2,5}\rho_x\sqrt{g}}{\sqrt{tg\beta_k}} \quad ; \tag{11.127}$$

trong đó G - lưu lượng của vật liệu khi chảy trong không khí ở điều kiện thường, kg/s; C_1- hệ số kể đến ảnh hưởng của thành bunke (hình II.21); C_2- hệ số kể đến ảnh hưởng của góc nghiêng ở đáy bunke (hình II.22); D_o- đường kính của ống hay lỗ, m; d_h- đường kính của hạt, m; ρ_x- khối lượng riêng xốp, kg/m^3; β_k- góc rơi tự nhiên của vật liệu trong không khí, độ; g- gia tốc trọng trường, m/s^2.



Hình II.21. Xác định C_1 theo tỉ số D_o/d_h



Hình II.22. Xác định C_2 theo góc θ (góc nghiêng đáy bunke) và theo tỉ số D_o/d_h

69. Đường kính của hạt đối với lớp vật liệu có thành phần đa phân tán được tính như sau:

$$d_h = \frac{\sum_1^n d_i^2}{\sum_1^n d_i} \quad ; \tag{II.128}$$

trong đó n- số nhóm hạt (trong một nhóm gồm các hạt có kích thước gần nhau); $d_i = \sqrt{d_1.d_2}$- đường kính các hạt trong một nhóm được tính như trung bình hình học của đường kính d_1 và d_2 của hai cỡ lỗ sàng mà các hạt trong nhóm nằm giữa hai kích thước đó.

70. Tốc độ chảy trong môi trường khác (so với không khí ở điều kiện tiêu chuẩn) được xác định bằng công thức sau:

$$G_k = G\sqrt{\frac{(1 - \frac{\rho_o}{\rho_h}).tg\,\beta_k}{tg\,\beta}} \quad ; \tag{II.129}$$

trong đó ρ_o- khối lượng riêng của môi trường, kg/m^3; ρ_h- khối lượng riêng của hạt, kg/m^3: β, β_k- góc rơi tự nhiên của vật liệu trong môi trường đã cho và trong không khí, độ.

Bảng II.21. **Đặc trưng của vật liệu dạng hạt sử dụng trong thí nghiệm của Raus**

Vật liệu	Đường kính hạt rắn , d_h,mm	Khối lượng riêng xốp, ρ_x kg/m^3	Độ xốp của lớp bất động	Góc nghiêng khi đổ vật liệu, độ
Bột sắt	0,127	2218	0,48	40
	0,18	2250	0,48	40
	0,25	2440	0,481	41
	0,35	2380	0,48	42
Cát biển	0,127	1360	0,442	35
	0,18	1360	0,442	36
	0,25	1370	0,447	36
	0,50	1460	0,425	37
Hạt đậu tương	7,66	765	0,344	39
Hạt chì	1,27	6750	0,375	23
	4,14	6600	0,418	30
	6,35	6590	0,43	33
Nhôm oxit hình cầu	7,0	2070	0,384	34
	11,35	2040	0,331	38
	15,0	2218	0,385	43
Hạt thép hình cầu	9,76	5020	0,355	33
	12,7	4830	0,38	37
Thủy tinh hình cầu	0,29	1470	0,386	26
	5,20	1363	0,421	32
Hạt xúc tác hình cầu	4,31	730	0,435	35

§3. Lớp vật liệu ở trạng thái lỏng giả (tầng sôi)

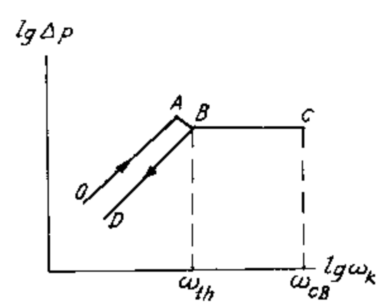
71. Khi tốc độ khí qua lớp vật liệu hạt (trong thiết bị có mặt cắt ngang không đổi, ví dụ như hình trụ) đạt được giá trị tới hạn w_{th} (giới hạn của lớp vật liệu bất động) thì độ xốp của lớp hạt bất động đạt được giá trị cực đại.

Nếu tốc độ khí vượt quá giới hạn này thì các hạt rắn sẽ mất sự tiếp xúc liên tục với nhau, lớp vật liệu trở nên linh động, các hạt rắn chuyển động lộn xộn không theo một hướng nhất định, người ta gọi chúng ở trạng thái lỏng giả hay trạng thái tầng sôi.

Hình II.23 biểu thị quan hệ phụ thuộc giữa trở lực lớp hạt và tốc độ khí.

"Trạng thái tầng sôi bắt đầu khi đạt được cân bằng giữa lực trở lực thủy học của lớp và trọng lượng của tất cả các hạt trong lớp".

Tuy nhiên theo hình II.23 ta thấy rằng, trở lực biểu thị ở điểm *A* trước khi xuất hiện tầng sôi lớn hơn giá trị trở lực cần thiết để duy trì trạng thái tầng sôi. Điều đó được giải thích như sau:



Hình II.23. **Sự phụ thuộc trở lực lớp hạt vào tốc độ khí**

trong lớp bất động giữa các hạt có tác dụng của lực dính, còn khi tốc độ khí đạt được giá trị tới hạn thì lực dính hết tác dụng và trở lực của lớp lại cân bằng với trọng lượng của tất cả các hạt trong lớp tính trên một đơn vị diện tích tiết diện thiết bị. Trên đồ thị, đường *OABC* biểu thị quá trình tăng tốc độ khí từ trạng thái lớp vật liệu bất động đến trạng thái tầng sôi. Đường *CBD* biểu thị quá trình ngược lại. Chú ý là với quá trình ngược lại thì *pic* áp suất biến mất. Nếu chúng ta lặp lại quá trình thổi khí qua lớp hạt khi độ xốp của lớp đang ở giá trị cực đại thì đường biểu diễn sẽ đi theo *DBC* và cũng không còn *pic* áp suất nữa.

72. Trong thực tế, đối với các lớp hạt đa phân tán và ngay cả đối với các lớp hạt gồm các nhóm hạt gần nhau thì không phải chỉ có một tốc độ tới hạn w_{th} mà có cả một vùng tốc độ tới hạn, trong đó bắt đầu và hoàn thành việc chuyển từ lớp bất động đến lớp tầng sôi hoàn chỉnh.

73. Có khá nhiều công thức để tính tốc độ tới hạn của lớp lỏng giả đơn phân tán, nghĩa là lớp có kích thước và khối lượng riêng các hạt bằng nhau. Đối với lớp đa phân tán có kích thước hoặc khối lượng riêng các hạt khác nhau, tốc độ tới hạn thường được xác định bằng thực nghiệm.

Để tính toán tốc độ giới hạn gần đúng ta có thể dùng công thức Tôđec và công thức Rômankov.

74. Công thức tính toán tốc độ tới hạn

a) Công thức Tôđec đối với hạt hình cầu có kích thước bằng nhau:

$$Re_{th}=\frac{Ar}{150\dfrac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3}+\sqrt{\dfrac{1,75}{\varepsilon^3}Ar}}\;; \qquad \text{(II.130a)}$$

trong đó ε- độ xốp của lớp lỏng giả; $Re_{th} = w_{th}.d_h.\rho_o/\mu_o$- chuẩn số Râynôn tới hạn; Ar- chuẩn số Acsimet, tính theo công thức (II.86); w_{th}- tốc độ tới hạn, m/s.

Nếu coi $\varepsilon = 0,4$ thì công thức (II.130a) có dạng:

$$Re_{th}=\frac{Ar}{1400+5,22\sqrt{Ar}}\;; \qquad \text{(II.130b)}$$

b) Công thức Romankov:

$$\frac{w_{th}}{w_o}=0,1175-\frac{0,1046}{1+0,00373Ar^{0,6}}; \qquad \text{(II.130c)}$$

trong đó Ar - chuẩn số Asimet, tính theo công thức (II.86); w_{th} - tốc độ giới hạn, m/s; w_o- tốc độ thăng bằng (tốc độ lắng), m/s;

Đối với hạt hình cầu w_o được xác định theo các công thức (II.84) ÷ (II.103); đối với hạt không phải hình cầu thì w_o được xác định bằng thực nghiệm.

75. Với lớp hạt đa phân tán có khó khăn là phải chọn đường kính trung bình có chú ý đến sự khác nhau về hình dạng, kích thước và thành phần nhóm hạt. Việc chọn đường kính đúng là cơ sở để đảm bảo tính toán đúng. Hợp lý nhất và chắc chắn nhất là xác định đường kính trung bình của lớp hạt đa phân tán bằng thực nghiệm. Muốn thế phải tiến hành dù chỉ là một thí nghiệm để xác định tốc độ lỏng giả thực tế và độ xốp của lớp ứng với tốc độ đó. Sau đó tính đường kính trung bình của hạt theo công thức (II.128).

Nếu không thể thí nghiệm được, để tính gần đúng ta có thể xác định đường kính

tương đương của hạt như sau:

Đối với hạt không phải hình cầu:

$$d_{td} = \phi . d_h, \text{ m}; \qquad \text{(II.131)}$$

trong đó $\phi = \sqrt{0{,}207}\ F/V^{2/3}$- yếu tố hình dạng; V- thể tích hạt, m^3; F- diện tích bề mặt hạt, m^2; $d_h = 1{,}24\sqrt[3]{V}$- đường kính hạt hình cầu có cùng thể tích, m.

Đối với lớp đa phân tán có kích thước hạt khác nhau:

$$d_{td} = \frac{1}{\sum_{1}^{n} \frac{a_i}{d_i}}\ ; \qquad \text{(II.132)}$$

trong đó n - số nhóm; a_i - phần khối lượng của nhóm i; d_i - kích thước lỗ sàng trung bình của nhóm i (xem chú thích công thức II.128).

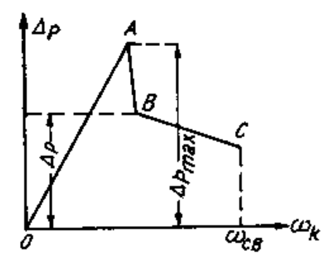
76. Trong thiết bị hình nón tốc độ khí thay đổi theo chiều cao: ở dưới tốc độ lớn (vì mặt cắt ngang bé), ở trên tốc độ bé (vì mặt cắt ngang lớn). Vì vậy tại thời điểm mà ở phía trên đạt trạng thái lỏng giả thì tốc độ của khí ở phía dưới lớn hơn, do đó tốc độ trung bình trong thiết bị lớn hơn tốc độ tới hạn của lớp trên. Điều đó được đặc trưng bằng pic áp suất (điểm A) lớn hơn (hình II.24) so với pic áp suất trong thiết bị hình trụ (hình II.23).

Sau khi đạt được giá trị cực đại, tổn thất áp suất giảm đến đại lượng bằng tích số của khối lượng riêng xốp với chiều cao của nó.

Khi tiếp tục tăng tốc độ thì áp suất giảm dần, điều này được giải thích như sau: khi độ xốp tăng, chiều cao tăng chậm hơn so với tăng thể tích của lớp.

77. Lớp tầng sôi tồn tại trong giới hạn tốc độ của dòng khí (hơi, lỏng) từ tốc độ tới hạn w_{th} đến tốc độ phụt w_p (tốc độ mà hạt rắn bắt đầu bị dòng khí mang ra khỏi thiết bị). Khi tăng tốc độ từ w_{th} đến w_p thì lớp lỏng giả dãn ra và độ xốp tăng lên.

78. Trạng thái tầng sôi đồng nhất được đặc trưng bằng sự phân bố đều các hạt rắn trong toàn bộ thể tích của lớp khi tốc độ khí (hơi, lỏng) tăng từ w_{th} đến w_p.



Hình II.24. **Đường biểu diễn trạng thái lỏng giả trong thiết bị hình nón**

79. Trạng thái tầng sôi không đồng nhất được đặc trưng bằng sự phân bố không đồng đều các hạt trong toàn bộ thể tích của lớp khi tốc độ khí tăng từ w_{th} đến w_p. Trong trường hợp này khí tạo thành rãnh hoặc bong bóng khi đi qua lớp hạt và càng xa thành thiết bị thì bong bóng có hiện tượng tăng thể tích khi dâng lên theo chiều cao của lớp, và chính vì thế càng làm tăng sự không đồng nhất của lớp. Điều này có thể quan sát được trong lớp sôi của hạt rắn với tác nhân tạo lỏng giả là pha khí.

Hình dạng và trạng thái bề mặt của hạt, tỉ số giữa khối lượng riêng của hạt rắn và môi trường, đường kính hạt, tốc độ và tính chất của dòng, cũng như cấu tạo bộ phận phân bố khí và khoảng cách từ lưới đến điểm khảo sát đều ảnh hưởng đến mức độ không đồng nhất của lớp.

80. Để tính toán gần đúng độ dãn nở trung bình của lớp hạt lỏng giả trong khí hay lỏng phụ thuộc vào tốc độ của dòng, chúng ta có thể áp dụng công thức Tôđec, Groskô

và Rozenbaum:

$$\varepsilon = \left(\frac{18Re + 0{,}36Re^2}{Ar}\right)^{0,21} \qquad \text{(II.133)}$$

81. Để xác định tốc độ của dòng đảm bảo độ giãn nở nhất định của lớp ta dùng công thức chung sau đây:

$$Re = \frac{Ar.\varepsilon^{4,75}}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar.\varepsilon^{4,75}}} \qquad \text{(II.134)}$$

Công thức (II.133) và (II.134) được rút ra từ điều kiện lớp hạt tròn đổ lộn xộn với độ xốp $\varepsilon_o \approx 0{,}4$. Xác định Ar và Re theo công thức (II.86) và (II.88).

Tốc độ phụt, đem các hạt rắn ra khỏi thiết bị cũng được xác định theo công thức như lắng tự do của hạt hình cầu, [công thức (II.84) ÷ (II.106)].

Tốc độ w_p thường được tính theo công thức Tôđec:

$$Re_p = \frac{Ar}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar}} \qquad \text{(II.135)}$$

Công thức này suy ra từ công thức (II.134) khi giá trị độ xốp $\varepsilon = 1$.

82. Độ xốp của lớp hạt rắn ở trạng thái lỏng giả có thể xác định theo công thức:

$$\varepsilon = (V_o - V_h)/V_o; \qquad \text{(II.136)}$$

trong đó V_o - thể tích lớp lỏng giả, m³; V_h - thể tích do bản thân các hạt rắn chiếm, m³.

83. Quan hệ giữa chiều cao lớp hạt rắn lơ lửng và chiều cao ban đầu của lớp hạt bất động:

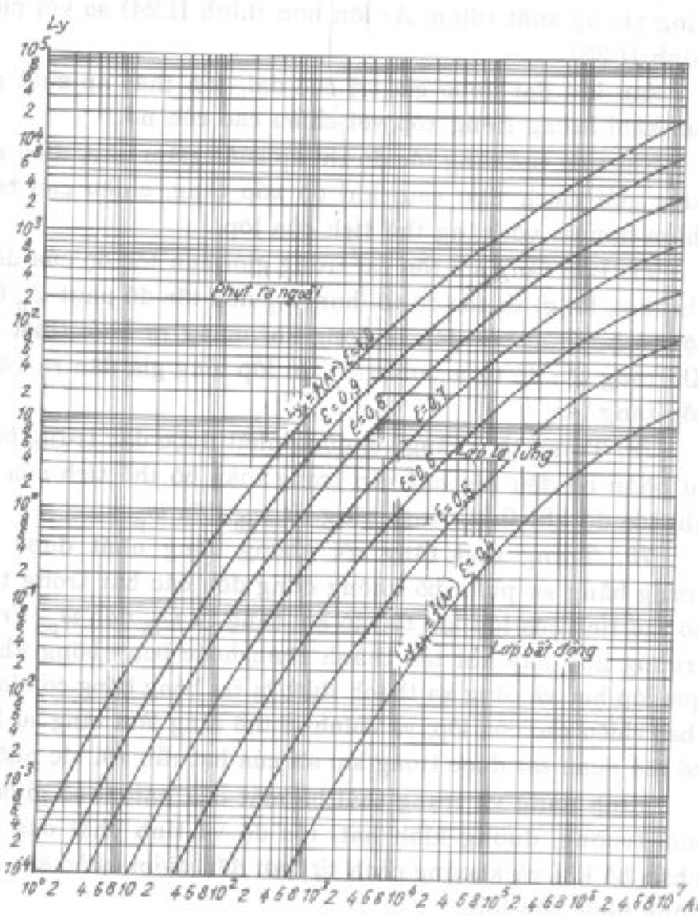
$$H(1 - \varepsilon) = H_o(1 - \varepsilon_o); \qquad \text{(II.137)}$$

trong đó H, ε - chiều cao và độ xốp của lớp lỏng giả; H_o, ε_o - chiều cao và độ xốp của lớp bất động.

84. Đặc trưng của lớp lỏng giả là *số tăng sôi:*

$$K_w = Re/Re_{th} = w_k/w_{th}; \qquad \text{(II.138)}$$

trong đó w_k - tốc độ dòng đi qua toàn bộ mặt cắt ngang của thiết bị, m/s; Re - chuẩn số Râynôn ứng với tốc độ



Hình II.25. Sự phụ thuộc $Ly = f(Ar, \varepsilon)$ đối với lớp hạt rắn ở trạng thái lỏng giả

biểu kiến w_k; w_{th}- tốc độ tới hạn của dòng ở thời điểm lớp hạt rắn bất động chuyển sang lớp lỏng giả, m/s; Re_{th}- chuẩn số Râynôn ứng với tốc độ tới hạn.

85. Giới hạn số tầng sôi là giới hạn trong đó lớp hạn rắn tồn tại ở trạng thái tầng sôi (lơ lửng) bằng:

$$(K_w)_{max}/(K_w)_{min} = Re_p/Re_{th} = w_p/w_{th} \; ; \qquad (II.139)$$

trong đó Re_p- chuẩn số Râynôn ứng với tốc độ phụt w_p.

Khi xác định Re_{th} và Re_p, đối với lớp hạt đơn phân tán theo công thức (II.130b) và (II.135) ta có thể tìm được các quan hệ sau:

– đối với hạt rất nhỏ hay môi trường rất nhớt ($Ar < 20$):

$$\frac{(K_w)_{max}}{(K_w)_{min}} \approx \frac{\dfrac{1}{18}Ar}{\dfrac{1}{1400}Ar} \approx 78; \qquad (II.140a)$$

– đối với hạt to hay môi trường có độ nhớt nhỏ ($Ar > 10^4$):

$$\frac{(K_w)_{max}}{(K_w)_{min}} \approx \frac{\dfrac{1}{0,61}\sqrt{Ar}}{\dfrac{1}{5,22}\sqrt{Ar}} \approx 8,5 \qquad (II.140b)$$

Rõ ràng rằng giới hạn số tầng sôi của hạt nhỏ, lớn hơn so với hạt to. Với vật liệu đa phân tán thì giới hạn có thể của số tầng sôi nhỏ hơn so với giá trị tính theo công thức (II.140a) và (II.140b) cho hạt có đường kính trung bình. Đó là vì hạt bắt đầu bị đẩy ra khỏi thiết bị không phải là hạt có đường kính trung bình mà là hạt có đường kính nhỏ nhất.

86. Khi lớp hạt đa phân tán có kích thước khác nhau khá nhiều thì có thể xảy ra hiện tượng là w_{th} của hạt lớn có thể lớn hơn w_p của hạt bé. Vì vậy hiện tượng đẩy hạt bé ra khỏi thiết bị xảy ra sớm hơn sự lơ lửng của hạt lớn.

87. Số tầng sôi K_w có thể dùng làm chuẩn số để so sánh các hệ thống khác nhau theo cường độ khuấy trộn của lớp hạt. Hàng loạt nghiên cứu đã xác định được rằng lớp tầng sôi bắt đầu được khuấy trộn mạnh khi $K_w = 2$.

Số tầng sôi thực tế thích hợp cho mỗi quá trình công nghệ có thể dao động trong giới hạn lớn. Ví dụ, số tầng sôi thích hợp cho quá trình trao đổi nhiệt từ bề mặt đốt nóng đến lớp sôi của cát thạch anh (ρ_h = 2600kg/m^3) cho biết:

d_{td}, μm	140	198	215	428	515	650	1110
K_w	12,5	7,5	6,8	2,7	2,26	1,98	1,28

trong đó d_{td} xác định theo công thức (II.132).

88. Nếu tăng K_w không hợp lý thì xảy ra hiện tượng các bong bóng khí lớn sẽ vỡ ra khi đi qua lớp sôi; các bong bóng này có thể chiếm toàn bộ mặt cắt của thiết bị, lúc đó hình thành sự sôi phân tầng. Quá trình sôi này làm giảm sự tiếp xúc giữa các pha.

89. Chế độ thích hợp của lớp sôi có thể xác định theo quan hệ phụ thuộc của các

chuẩn số:

$$Re^* = m.Ar^n ; \qquad (II.141)$$

trong đó Re^*- chuẩn số Râynôn thích hợp của quá trình; m, n- phụ thuộc vào các đặc điểm của quá trình công nghệ.

Ví dụ đối với quá trình nung trong lò tầng sôi thì chế độ nhiệt thích hợp (truyền nhiệt tốt nhất) được đảm bảo khi các chuẩn số thủy động lực có quan hệ sau đây:

$$Re^* = 0{,}12Ar^{0,5}.$$

90. Sức cản thủy lực của lớp sôi

Từ thời điểm chuyển lớp vật liệu bất động sang trạng thái tầng sôi, sức cản thủy lực của lớp hạt trong thiết bị có mặt cắt ngang không đổi và đường kính lớn thực tế không phụ thuộc vào lưu lượng khí hay lỏng. Khi số hạt trong thiết bị (trong lớp sôi) không đổi, sức cản thủy lực được xác định theo công thức sau:

$$\Delta p = H.g(\rho_h - \rho_o)(1 - \varepsilon) = H_o g(\rho_h - \rho_o)(1 - \varepsilon_o), \text{ N/m}^2; \qquad (II.142)$$

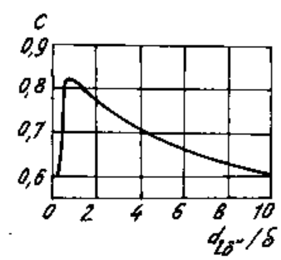
trong đó H- chiều cao lớp sôi, m; H_o- chiều cao lớp bất động, m; ε, ε_o- độ xốp của lớp sôi và lớp bất động; ρ_h, ρ_o- khối lượng riêng của hạt và của môi trường, kg/m^3.

91. Sức cản thủy lực của lưới phân phối khí được xác định theo công thức sau:

$$\Delta p_l = 0{,}5\,\frac{w_l^2\,\rho_o(1 - \varphi^2)}{C^2}\ ,\ \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\ ; \qquad (II.143)$$

trong đó ρ_o- khối lượng riêng của môi trường, kg/m^3; φ- phần bề mặt tự do của lưới, lấy bằng 0,01 ÷ 0,06; C- hệ số trở lực, phụ thuộc vào tỉ số đường kính lỗ lưới $d_{lỗ}$ với chiều dày lưới δ; giá trị của C xác định theo đồ thị hình II.26; w_l- tốc độ dòng khí đi qua lỗ lưới, m/s; $w_l = w_k/\varphi$; w_k- tốc độ của dòng khí đi qua toàn bộ mặt cắt thiết bị, m/s.

Lưới phân bố khí loại đĩa lỗ thường được dùng nhiều hơn cả. Trong các loại lưới này khi tốc độ của khí qua lưới nhỏ hơn tốc độ thăng bằng của hạt lớn thì những hạt này sẽ lọt qua lỗ. Để tránh hiện tượng đó, người ta chọn tốc độ khí qua lỗ lưới bằng 5 đến 6 lần tốc độ thăng bằng của hạt lớn.



Hình II.26. **Đồ thị để xác định hệ số trở lực C**

92. Thời gian lưu lại trung bình của hạt rắn trong lớp:

$$\tau_o = G/Q, \text{ s}; \qquad (II.114)$$

trong đó G- khối lượng của vật liệu rắn trong lớp, kg; Q - lưu lượng của vật liệu rắn, kg/s.

93. Thời gian lưu lại của từng hạt rắn riêng biệt có thể rất khác so với thời gian lưu lại trung bình τ_o.

Nếu biết thời gian lưu lại trung bình τ_o và cho trước thời gian τ nào đó (ví dụ khoảng thời gian để tiến hành một quá trình nào đó trong lớp sôi), thì phần các hạt x còn nằm lại trong lớp sau thời gian τ có thể xác định theo công thức:

$$x = e^{-\tau/\tau_o}; \qquad (II.145)$$

trong đó e = 2,718...

94. Thực tế tốc độ làm việc của dòng pha lỏng đi qua lớp vật liệu đa phân tán thường lớn hơn tốc độ thăng bằng tự do của các hạt bé, do đó xảy ra hiện tượng dòng khí đẩy

các hạt nhỏ ra khỏi thiết bị. Các bong bóng khí cũng có khả năng mang các hạt rắn ra khỏi thiết bị. Khi ra khỏi lớp sôi các bóng khí bị vỡ làm bắn các hạt rắn lên cao, nếu chiều cao tự do ở bên trên lớp nhỏ hơn chiều cao hạt bắn lên thì những hạt này sẽ bị cuốn ra khỏi thiết bị.

Hiện tượng phụt (bắn hạt rắn ra ngoài thiết bị) tăng khi sự phân bố dòng khí không đều do cấu tạo của bộ phân phối khí không tốt (đặc biệt đối với lớp có chiều cao nhỏ). Số liệu thực nghiệm chỉ ra rằng khi tăng bề mặt tự do của lưới từ 0,02 đến 0,06, nghĩa là làm cho sự phân phối khí đều hơn, thì giảm được hiện tượng phụt xuống ba lần.

95. Để xác định lượng vật liệu rắn bị phụt ra khỏi lớp lỏng, giả đa phân tán ta dùng công thức Fritlanđa và Skônlô:

$$\frac{G_h}{G_k}.100 = A\frac{(m_w.w_k)^4(\bar{a})^{0,5}.H_o^{0,35}}{d_h^{3,53}h_\varphi^n}; \qquad \text{(II.146)}$$

trong đó $(G_h/G_k).100$ - tỉ số giữa khối lượng các hạt rắn được dòng khí mang ra với khối lượng khí đi qua lớp lỏng giả, %; m_w- hệ số hiệu chỉnh, tính đến tính chất vật lý của hệ khí - rắn; w_k- tốc độ của dòng khí qua toàn bộ mặt cắt ngang của thiết bị, m/s; $\bar{a}$- nồng độ khối lượng trung bình của hạt nhỏ có tốc độ thăng bằng w_{th} bằng hay nhỏ hơn w_k, (kg hạt bé)/(kg lớp vật liệu); H_o- chiều cao của lớp bất động, mm; h- chiều cao khoảng không gian phân tách (khoảng cách từ bề mặt lớp đến cửa vào xiclôn), mm; φ- phần diện tích lỗ (bề mặt tự do) của lưới phân bố; A, n- hệ số phụ thuộc vào chiều cao không gian phân tách (xem phần chiều cao h_n ở trang sau): d_h- đường kính trung bình của những hạt nhỏ trong lớp:

$$d_h = \sum_1^n \phi_i d_i, \ \mu\text{m}.$$

ở đây ϕ_i- phần khối lượng của nhóm i của lớp (tỉ số giữa khối lượng của nhóm i trên khối lượng chung của các hạt nhỏ); d_i- đường kính trung bình số học của nhóm i, μm.

Công thức (II.146) thu được khi thí nghiệm hiện tượng phụt của xúc tác nhôm silicat bằng không khí.

96. Đối với các hệ thống khác thì hệ số m_w xác định gần đúng như sau:

$$m_w \approx w_{tb}^* / w_{tb}. \qquad \text{(II.147)}$$

trong đó w_{tb}^*- tốc độ thăng bằng của hạt xúc tác nhôm silicat tự nhiên trong dòng không khí ở 20°C và 760 mmHg, m/s; w_{tb}- tốc độ thăng bằng của hạt cùng đường kính trong dòng khí ở điều kiện làm việc, m/s; đại lượng w_{tb}^* xác định bằng đồ thị hình II.27.

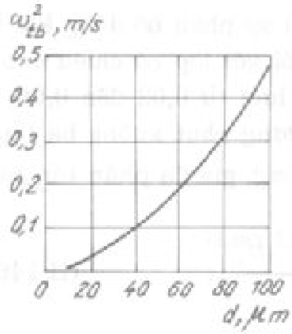
Biên dạng tốc độ của dòng ở bên trên lớp (trong giới hạn h_n) thay đổi và dao động do sự phá hủy các bóng khí tạo ra ở trên lớp.

Dòng khí ổn định đều đặn nằm ở khoảng cách lớn hơn h_n. Nếu giảm chiều cao không gian phân tách nghĩa là khi $h < h_n$ thì sự phụt tăng lên và ngược lại.

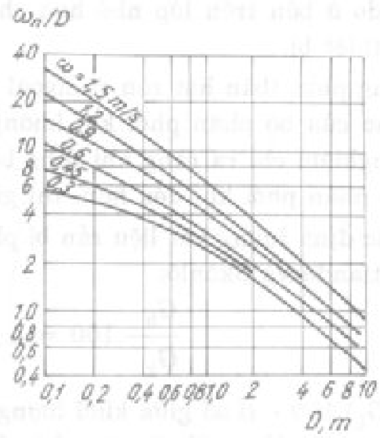
Chiều cao h_n phụ thuộc vào tốc độ dòng khí, vào đường kính thiết bị và có thể xác định được theo đồ thị trong hình II.28.

Các đại lượng A, n có những giá trị sau:

- khi chiều cao không gian phân tách $h \le h_n$ thì $A = 10^{11}$ và $n = 1$;
- khi $h < h_n$ thì $A = 3{,}35.10^7$ và $n = 0{,}273$.



Hình II.27. **Đồ thị xác định tốc độ thăng bằng của hai xúc tác nhóm silicat tự nhiên trong dòng không khí**



Hình II.28. **Đồ thị để xác định chiều cao h_n của khu vực tốc độ khi thay đổi ($w = w_k$)**

D. VẬN CHUYỂN BẰNG KHÍ

97. Vận chuyển vật liệu bằng khí là một trong những phương pháp tiên tiến để vận chuyển vật liệu rắn ở dạng hạt, bụi, mảnh vụn.

Phương pháp này không thích hợp với vật liệu ẩm, dính, cục to.

Theo nồng độ khối lượng tương đối của hạt rắn trong khí ta phân biệt các cách vận chuyển sau đây:

– vận chuyển trong dòng loãng (khi nồng độ hạt rắn x bé hơn 40 kg vật liệu/ kg không khí;

– vận chuyển trong dòng đặc (khi nồng độ hạt rắn x từ 40 đến 400 kg vật liệu/ kg không khí;

– vận chuyển bằng thông khí.

Hiện nay có khá nhiều loại thiết bị vận chuyển bằng khí làm việc ở nồng độ hạt rắn cao (dòng đặc) mà lượng không khí tiêu tốn ít. Những thiết bị này thường tiêu tốn năng lượng ít hơn so với thiết bị vận chuyển cơ khí.

Khi đường vận chuyển ngắn (< 100 m) và vật liệu được thu nhận từ nhiều điểm thì hợp lý là dùng phương pháp hút, nó đảm bảo thiết bị làm việc tốt và cho phép dùng những bộ phận thu nhận vật liệu cũng như các máy thổi khí đơn giản.

Khi đường vận chuyển dài thì thường dùng phương pháp đẩy.

Khi đường vận chuyển dài và vận chuyển từ nhiều điểm khác nhau đến một điểm thì người ta dùng phương pháp liên hợp hút và đẩy.

§1. Vận chuyển bằng khí trong ống thẳng đứng

98. Tốc độ tương đối của dòng đi từ dưới lên trong ống thẳng đứng xác định theo công thức:

$$w'_{tr} = w'_t - w_h, \text{ m/s}; \qquad (II.148)$$

trong đó w'_{tr} - tốc độ tương đối (tốc độ trượt) của dòng, m/s; w'_t - tốc độ thực tế của khí, m/s; w_h- tốc độ chuyển động thực tế của hạt rắn, m/s.

Nếu biểu thị tốc độ tương đối của dòng và tốc độ của khí theo toàn bộ mặt cắt của ống thì có:

$$w_{tr}/\varepsilon = (\omega_t/\varepsilon) - w_h; \qquad \text{(II.149)}$$

trong đó w_{tr} và w_t- tốc độ tương đối của dòng và tốc độ của khí tính theo toàn bộ mặt cắt của ống, m/s; ε- độ xốp của dòng vật liệu.

Có thể xác định tốc độ tương đối w_{tr} theo phương trình (II.134).

99. Tốc độ của khí w_t được xác định theo phương trình sau:

$$w_t = w_{tr}\frac{1 - \varepsilon}{1 - \varepsilon(1 + \lambda)}; \qquad \text{(II.150a)}$$

hay

$$Re_t = \frac{1 - \varepsilon}{1 - \varepsilon(1 + \lambda)} \cdot \frac{\varepsilon^{4,75}Ar}{18 + 0,61\sqrt{\varepsilon^{4,75}Ar}}; \qquad \text{(II.150b)}$$

trong đó $Re_t = w_t d_h/\nu$; ε- độ xốp của dòng vật liệu; Ar - chuẩn số Acsimet; d_h- đường kính hạt rắn, m; ν- hệ số độ nhớt động của khí, m^2/s; λ- hệ số cung cấp, bằng tỉ số giữa thể tích các hạt V_h và thể tích khí V_k :

$$\lambda = \frac{V_h}{V_k} = \frac{w_h(1 - \varepsilon)}{w_t}$$

100. Hệ số cung cấp cũng có thể được xác định theo công thức:

$$\lambda = x.\frac{\rho_k}{\rho_h};$$

trong đó ρ_k - khối lượng riêng của khí, kg/m^3; ρ_h - khối lượng riêng của hạt, kg/m^3; x- nồng độ khối lượng tương đối của hạt, kg vật liệu/kg khí.

101. Nồng độ khối lượng tương đối có thể xác định theo công thức sau:

$$x = \frac{Q}{\rho_k.V_k};$$

trong đó Q- năng suất của thiết bị tính theo vật liệu hạt rắn, kg/s; V_k- lưu lượng khí, m^3/s; ρ_k- khối lượng riêng của khí, kg/m^3; V_k và ρ_k- tính ở cùng nhiệt độ.

Phương trình (II.150b) là phương trình cơ bản để tính các thông số thủy động lực của sự vận chuyển bằng khí trong ống thẳng đứng.

102. Nếu biết giá trị các đại lượng λ, Ar (hay $d_h.\rho_h$) và ε (hay khối lượng riêng xốp ρ_x) thì từ phương trình (II.150b) ta xác định Re_t, sau đó xác định tốc độ chuyển động của khí đi qua toàn bộ mặt cắt ngang của ống dẫn:

$$w_t = \frac{Re_t.\nu}{d_h}. \qquad \text{(II.151)}$$

103. Tốc độ chuyển động của hạt rắn trong ống được xác định theo công thức:

$$w_h = \frac{\lambda.w_t}{1 - \varepsilon}. \qquad \text{(II.152)}$$

Nếu cho trước λ, w_t (hay Re_t) và Ar (hay d_h ,ρ_h) thì theo phương pháp lặp gần đúng ta xác định được độ xốp ε, do đó cũng xác định được khối lượng riêng xốp ρ_x của dòng vật liệu trong ống theo phương trình (II.150b).

104. Khi nồng độ khối lượng tương đối của hạt rắn trong ống rất nhỏ (vận chuyển trong dòng loãng), nghĩa là khi $\varepsilon \to 1$, thì tốc độ trượt (tốc độ tương đối) của dòng có giá trị tiến dần đến tốc độ lắng (tốc độ thăng bằng) tự do của hạt đơn độc w_o, còn tốc độ của khí thì tiến đến giá trị:

$$w_t \to w_o + w_h .$$

Xuất phát từ nhận xét đó người ta xác định gần đúng tốc độ khí như sau:

$$w_1 \approx w_o + w_h \text{ , m/s.} \qquad \text{(II.153)}$$

Khi nồng độ thể tích của hạt rắn lớn, nghĩa là khi vận chuyển bằng khí trong dòng đặc thì tốc độ trượt sẽ giảm xuống; giá trị w_{tr} nhỏ nhất sẽ ứng với nồng độ lớn nhất có thể đạt được của vật liệu, nghĩa là ứng với độ xốp ε_o của lớp. Khi $\varepsilon \to \varepsilon_o$ thì tốc độ trượt $w_{tr} \to w_{th}$ [công thức (II.130a) và (II.130b)].

105. Trở lực của hệ thống vận chuyển bằng khí trong ống thẳng đứng là:

$$\Delta p = \Delta p_{tt} + \Delta p_{ms} + \Delta p_{mh} + \Delta p_g, \text{ N/m}^2; \qquad \text{(II.154)}$$

trong đó Δp_{tt}- tổn thất áp suất thủy tĩnh. Trong trường hợp chung tổn thất áp suất thủy tinh được xác định theo công thức:

$$\Delta p_{tt} = Hg[(1 - \varepsilon)\rho_h + \varepsilon\rho_m] \text{ , N/m}^2. \qquad \text{(II.155)}$$

Trường hợp môi trường là khí có khối lượng riêng rất nhỏ so với ρ_h, ta có thể bỏ qua và tính Δp_{tt} theo công thức đơn giản hơn:

$$\Delta p_{tt} = Hg(1 - \varepsilon)\rho_h, \text{ N/m}^2; \qquad \text{(II.156)}$$

Δp_{ms}- tổn thất áp suất do ma sát của môi trường (khí) với thành ống:

$$\Delta p_{ms} = \lambda_1 . \frac{H_1}{D} . \frac{w_1^2 . \rho_k}{2} \text{ , } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ ;} \qquad \text{(II.157)}$$

Δp_{mh}- tổn thất áp suất do ma sát giữa hạt rắn với thành ống:

$$\Delta p_{mh} = \lambda_2 . \frac{H_1}{D} . \frac{w_h^2 . \rho_h}{2} (1 - \varepsilon) \text{ . } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ ;} \qquad \text{(II.158)}$$

Δp_g- tổn thất áp suất để tạo gia tốc cho vật liệu vận chuyển:

$$\Delta p_g = \frac{4Qw_h}{\pi D^2} \text{ , } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ .} \qquad \text{(II.159)}$$

Trong nhiều trường hợp phần trở lực chủ yếu là Δp_{tt}.

Trong các công thức (II.155) ÷ (II.159), ký hiệu như sau: H- chiều cao nâng, m; ε - độ xốp của dòng vật liệu hạt; ρ_h - khối lượng riêng của hạt rắn, kg/m^3; ρ_m- khối lượng riêng của môi trường là chất lỏng, kg/m^3; ρ_k- khối lượng riêng của khí, kg/m^3; λ_2- hệ số ma sát của hạt rắn với thành ống (thực nghiệm thường cho $\lambda_2 = 0{,}05$); λ_1- hệ số ma sát của môi trường với thành ống; H_1 - chiều dài tương đương kể cả trở lực cục bộ, m; D- đường kính trong của ống, m; w_1- tốc độ chuyển động của môi trường (khí), m/s; w_h- tốc độ chuyển động của hạt rắn, m/s; Q- lưu lượng của vật liệu cần vận chuyển, kg/s.

Nhiều công trình nghiên cứu về vận chuyển bằng khí chứng tỏ rằng, ở tốc độ môi trường (khí) mà dòng được bão hòa vật liệu hạt rắn thì chế độ làm việc của hệ thống bị phá hủy, nghĩa là vật liệu không chuyển động theo hướng đã định.

Trong vận chuyển bằng khí, tốc độ đó được gọi là "tốc độ sặc". Tốc độ sặc có thể lớn hơn tốc độ tới hạn w_{th} trong lớp sôi khoảng vài lần.

Hệ thống làm việc với tốc độ khí nhỏ kinh tế hơn là với tốc độ lớn. Vì thế khi thiết kế chỉ nên chọn tốc độ khí lớn hơn một ít so với tốc độ sặc.

§2. Phương pháp tính thiết bị vận chuyển bằng khí

106. Tất cả các loại thiết bị vận chuyển bằng khí được chia làm ba loại:

a) Vận chuyển trong dòng loãng. Chế độ chuyển động trong các đoạn ống nằm ngang và thẳng đứng của ống dẫn được hình thành khi tốc độ khí đủ lớn và đặc trưng của nó là không có dao động áp suất. Các hạt chuyển động không đều mà theo cách "nhảy cóc". Phần tốc độ mất mát (của hạt) do va chạm với thành ống được phục hồi nhờ tác dụng của động năng dòng khí lên các hạt bị tụt lại.

b) Vận chuyển trong dòng đặc. Vật liệu được ép từ thùng chứa vào ống dẫn bằng không khí. Vật liệu được vận chuyển khi tốc độ không khí còn tương đối bé. Trong ống có hiện tượng phân lớp hỗn hợp và nồng độ pha rắn lớn nhất đạt được ở phần dưới của ống nằm ngang. Khi giảm tốc độ khí khá nhiều thì xuất hiện sự chuyển động sóng của vật liệu tích lũy trong phần dưới của ống nằm ngang. Có thể xảy ra chế độ chuyển động, trong đó vật liệu tích lũy choán toàn bộ mặt cắt ngang của ống như những nút chai, đặc trưng của quá trình lúc này là áp suất dao động mạnh.

c) Vận chuyển bằng thông khí. Đối với dạng vận chuyển này không khí tiêu tốn chỉ cần đủ để bão hòa vật liệu. Không khí được đưa vào đều đặn từ dưới lên qua lưới, tấm xốp, vải... Vật liệu được bão hòa không khí trở nên lơ lửng và linh động, nó có thể chảy theo máng nghiêng hoặc chảy ra từ lỗ tháo của bunke.

Tất cả các loại thiết bị được chia ra năm kiểu chính (xem bảng II.22).

Khi thực chất của quá trình giống nhau (dòng loãng) thì sự khác nhau cơ bản giữa kiểu I, II và III là tổn thất áp suất. Kiểu IV có nồng độ hạt rắn lớn (dòng đặc), tổn thất áp suất lớn và tốc độ không khí nhỏ hơn. Kiểu V khác các kiểu trên ở chỗ vật liệu có thể chảy qua các lỗ của bình thông khí.

107. Sơ đồ tính toán

Trong thiết bị loại bơm (kiểu IV) làm việc theo nguyên tắc ép vật liệu lơ lửng, sơ đồ ống dẫn của hệ thống vận chuyển nguyên liệu có ý nghĩa rất lớn trong việc tính toán và chọn nồng độ hỗn hợp.

Sự vận chuyển nguyên liệu có thể thực hiện theo nhiều sơ đồ khác nhau, tuy nhiên ta cũng có thể phân ra bốn sơ đồ chính sau đây (hình II.29):

- Sơ đồ N°1: ống dẫn thẳng đứng. Sơ đồ này kinh tế nhất vì lưu lượng khí nhỏ nhất, vì vậy tổn thất do ma sát giảm và ít bào mòn thiết bị.

- Sơ đồ N°2, ống thẳng đứng có đoạn cuối nằm ngang L_n với chiều dài không lớn lắm. Để vật liệu không lắng đọng trên ống nằm ngang người ta tăng lượng không khí lớn hơn so với sơ đồ N°1, vì thế nồng độ hạt rắn giảm.

- Sơ đồ N°3: gồm đoạn ống nằm ngang ngắn, tiếp đến là ống thẳng đứng và cuối cùng là đoạn ống nằm ngang. Sơ đồ này cần có lưu lượng không khí lớn hơn nữa và do đó nồng độ hỗn hợp giảm.

- Sơ đồ N°4: ống dẫn có đường đi tùy ý. Sơ đồ này thường áp dụng đối với hệ thống

dài 100 ... 1000 m.

108. Tốc độ không khí vận chuyển

Sự vận chuyển vật liệu trong ống dẫn chỉ ổn định khi tốc độ không khí vận chuyển w, đạt đến giá trị nhất định.

Tốc độ không khí vận chuyển trong đoạn ống có áp suất gần bằng áp suất khí quyển, nghĩa là cuối hệ thống đẩy, đối với ρ_k = 1,2 kg/m^3 = const, xác định bằng công thức thực nghiệm, công thức này có tính đến sự thay đổi khối lượng riêng của không khí trên đường vận chuyển dài (lớn hơn 100 m).

Bảng II.22. **Phân loại thiết bị vận chuyển không khí**

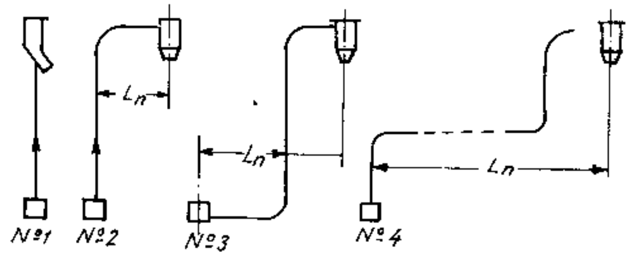
Đặc trưng của thiết bị	Vận chuyển hạt rắn bằng không khí trong dòng loãng			Vận chuyển bằng cách ép vật liệu trong dòng đặc	Vận chuyển vật liệu bằng phương pháp thông khí	
	Kiểu I áp suất thấp - hút, đẩy hay hỗn hợp (quạt)	Kiểu II áp suất trung bình - hút đẩy hay hỗn hợp	Kiểu III áp suất cao - đẩy	Kiểu IV bơm (không khí nén), đẩy	Kiểu V thổi khí nén qua lưới làm cho vật liệu trở thành lỏng giả và tự chảy xuống (thông khí)	
Dạng của thiết bị tiếp liệu	Ejecto, van cửa âu, phễu, vòi phun	Ejecto, van cửa âu hình trống hay hình lưới gà, vòi hút		Bơm thể tích bơm trục vít máy nén bằng khí, thùng chứa hay xitec có bộ tháo bằng khí	Bunke có bộ tháo vật liệu bằng khí, toa tầu kiểu bunke xà lan có đáy thông gió	Máy nghiêng thông không khí
Tổn thất áp suất Δp	100 - 1000 mmH$_2$O	0,3 – 0,4 at	0,5 – 1 at	1,3 – 8 at	1 – 2,5 at	300 – 600 mmH$_2$O
Nồng độ tương đối của hỗn hợp x, kg vật liệu kg không khí	0,1 – 2,5	25 – 35	3 – 40	5 – 400	< 2000	< 1500
Loại máy thổi khí	Quạt	Máy nén và máy thổi khí rôto, máy thổi khí ly tâm nhiều cấp		Máy nén, máy thổi khí	Máy nén	Quạt

$$w_i = \alpha\sqrt{\rho_h} + BL_d^2 \text{, m/s;} \qquad \text{(II.160)}$$

trong đó ρ_h- khối lượng riêng của hạt vật liệu được vận chuyển, kg/m^3; B- hệ số, kể đến sự thay đổi khối lượng riêng của không khí liên quan với sự thay đổi tốc độ tuyệt đối của nó ở giai đoạn đầu, đại lượng B bằng $(2 \div 5)10^{-5}$ (giá trị lớn của B dùng cho vật liệu dễ vón cục và vật liệu mài mòn, giá trị nhỏ dùng cho vật liệu khô và ít mài

mòn); L_d- chiều dài vận chuyển biểu kiến, m (xem công thức II.161), α- hệ số tính đến tính chất của vật liệu và sơ đồ ống dẫn (xem bảng II.23).

Khi xác định α theo độ lớn của hạt (chủ yếu dùng cho sơ đồ N°4) thì dùng bảng II.24.



Hình II.29. Sơ đồ tính toán ống dẫn khí

Bảng II.23. Giá trị hệ số α (đối với vật liệu bột) phụ thuộc sơ đồ ống dẫn

Sơ đồ ống dẫn	L_d m	α
N°1	II	3 – 8
N°2	II + (3 ÷ 15)	4 – 9
N°3	II + (15 ÷ 60)	5 – 10
N°4	> 60	10 – 18

Bảng II.24. Giá trị hệ số α phụ thuộc vào độ lớn của vật liệu

Vật liệu	Kích thước hạt μm	α
Dạng bột, bụi	1 – 1000	10 – 18
Hạt đồng nhất	1.10^3 – 1.10^4	17 – 20
Mảnh vụn đồng nhất	1.10^4 – 4.10^4	17 – 22
Mảnh vừa đồng nhất	4.10^4 – 8.10^4	22 – 25

109. Nồng độ khối lượng tương đối của hỗn hợp

Việc chọn chính xác đại lượng này gặp nhiều khó khăn vì chưa có đầy đủ số liệu thực nghiệm đáng tin cậy.

Trong nhiều trường hợp tính toán, việc chọn nồng độ hỗn hợp phụ thuộc vào hệ thống sơ đồ ống dẫn và tổn thất áp suất giả thiết, tổn thất này lại được dùng để xác định trước kiểu thiết bị vận chuyển (bảng II.22). Chẳng hạn như đối với các loại thiết bị nâng bằng khí nén Δp = 0,4 - 3 at; đối với các loại bơm thể tích, bơm trục vít Δp = 2-8at, đối với các loại thiết bị hút Δp = 0,1 - 0,4 at.

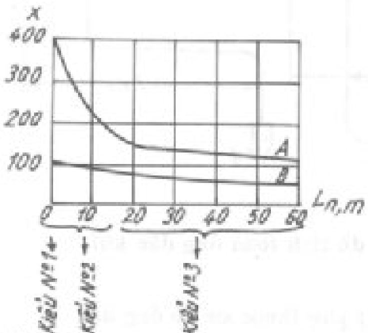
Để xác định gần đúng nồng độ của hỗn hợp người ta có thể dùng các phương pháp sau đây:

a) Theo đồ thị II.30a (đường cong *A*) ta xác định nồng độ x đối với thiết bị kiểu IV và sơ đồ N°1, 2 và 3 khi chiều dài đoạn ống nằm ngang L_n < 60m. Đối với hạt to và đoạn ống thẳng đứng cao có đường kính lớn thì giá trị x xác định theo đường cong *B*.

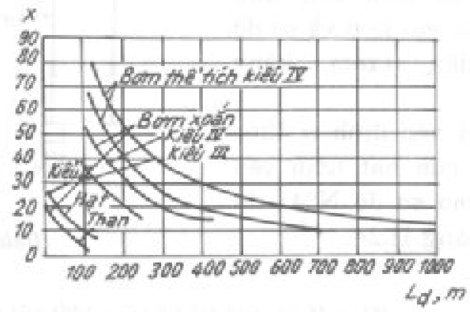
b) Theo đồ thị hình II.30b ta xác định nồng độ x đối với thiết bị kiểu II, III, IV và sơ đồ N°4 theo chiều dài vận chuyển biểu kiến L_d.

Đối với thiết bị kiểu IV và sơ đồ N°4, giá trị nồng độ hỗn hợp còn phụ thuộc vào cấu

tạo của thiết bị nạp liệu, như đối với loại bơm thể tích làm việc với áp suất dư dưới 7 at thì giá trị x xác định trong giới hạn giữa cặp đường cong nằm trên cùng (hình II.30b).



Hình II.30. **Sự phụ thuộc $x = f(L_n)$ cho thiết bị kiểu IV khi dùng sơ đồ N° 1,2 và 3**



Hình II.30b. **Sự phụ thuộc $x = f(L_d)$ đối với thiết bị kiểu II, III và IV khi dùng sơ đồ N° 4**

Đối với thiết bị kiểu II, đường cong trên áp dụng cho vật liệu khô, hạt rời, vật liệu có khối lượng riêng lớn (ρ_h = 2500 – 3200 kg/m^3), đường cong dưới áp dụng cho vật liệu có khối lượng riêng bé, độ ẩm lớn cũng như vật liệu mài mòn.

Bảng II.25. **Những số liệu sơ bộ để tính thiết bị kiểu IV**

Chỉ tiêu cơ bản	Sơ đồ ống dẫn theo hình II.29			
	N°1	N°2	N°3	N°4
Nồng độ tương đối của hỗn hợp x, kg vật liệu/kg không khí	400 – 100	200 - 80	120 – 50	60 – 5
Chiều dài đoạn nằm ngang L_n, m	0	3 – 15	15 – 60	> 60
Hệ số α	3 – 8	4 – 9	5 – 10	10 – 18
Áp suất tuyệt đối p, at	1,4 – 3,8	2 – 4,2	2,5 – 5,3	3 – 7
Khối lượng riêng không khí ρ_k	1,8 – 4,9	2,6 – 5,4	3,2 – 6,5	39 – 9

Đối với thiết bị loại quạt áp suất thấp kiểu I, nồng độ hỗn hợp x thường cho bằng thực nghiệm. Giá trị x của một vài loại vật liệu cho trong bảng II.26.

Bảng II.26. **Nồng độ hỗn hợp đối với thiết bị dùng quạt áp suất thấp kiểu I**

Vật liệu	Khối lượng riêng ρ_h, kg/m^3	Nồng độ khối lượng tương đối x của hỗn hợp
Đất sét nghiền	2400	0,7 – 1,2
Mùn cưa và phoi bào	900	0,1 – 0,6
Đất nung	2400	0,7 – 1,2
Cát	2600	0,8 – 1,0
Bông	–	0,2 – 0,6
Len	–	0,2 – 0,6

Đối với loại vật liệu bụi thì nên dùng thiết bị có áp suất cao hoặc dùng bơm (kiểu III hay IV).

110. Chiều dài vận chuyển biểu kiến (tính toán). Để tính toán L_d, trong thực tế, người ta dùng công thức gần đúng sau đây:

$$L_d = \Sigma L_n + \Sigma L_d + \Sigma L_k + \Sigma L_c, \text{ m;} \quad (II.161)$$

trong đó L_d- chiều dài vận chuyển biểu kiến, m; ΣL_n- tổng chiều dài các đoạn nằm ngang, m; ΣL_d- tổng chiều dài các đoạn thẳng đứng, m; ΣL_k- tổng chiều dài tương đương của các khuỷu, m; ΣL_c- tổng chiều dài tương đương của các van, khóa, tấm chắn, m.

Chiều dài tương đương của tấm chắn hai lối loại đĩa chấp nhận là 100 m.

Chiều dài tương đương trung bình của khuỷu L_k có góc lượn 90° (phụ thuộc vào tỉ số bán kính khuỷu R_o và đường kính ống d_o) khi vận chuyển vật liệu bột lấy theo bảng II.27, còn khi vận chuyển vật liệu đang hạt và cục thì lấy theo bảng II.28.

Bảng II.27. **Giá trị trung bình L_k đối với khuỷu khi vận chuyển vật liệu bột**

Sơ đồ ống dẫn theo hình II.29	R_o/d_o			
	10	15	20	25
N°2	3	4	5	7
N°3	5	6	7	9
N°4	7	8	10	12

Bảng II.28. **Giá trị trung bình L_k đối với khuỷu khi vận chuyển vật liệu dạng hạt hay cục**

Vật liệu	Kích thước hạt, mm	R_o/d_o		
		6	10	20
Hạt đồng nhất	1–10	8–10	12–16	16–20
Mảnh vụn không đều	8–25	–	28–35	32–45
Cục to	25–30	–	60–80	70–90

111. Năng suất và đường kính ống dẫn

Năng suất tính theo vật liệu rắn khi nạp liên tục:

$$Q = Q^*, \text{ kg/s} \quad (II.162)$$

Q^*- giá trị trung bình của năng suất đã cho, kg/s.

Quan hệ này chỉ đúng trong trường hợp dùng cơ cấu tiếp liệu làm việc liên tục (bơm trục vít hay van cửa âu hình trống).

Nếu bộ phận tiếp liệu làm việc gián đoạn thì năng suất tính toán Q phải lấy lớn hơn giá trị đã cho.

Đối với bơm tác dụng đơn và máy nâng điều khiển bằng tay:

$$Q = (1,6 \ldots 2)Q^*, \text{ kg/s.} \quad (II.163)$$

Đối với bơm tác dụng đơn và máy nâng điều khiển tự động:

$$Q = (1,35 \ldots 1,5)Q^*, \text{ kg/s.} \quad (II.164)$$

Đối với bơm tác dụng kép và máy nâng điều khiển tự động:

$$Q = (1{,}05 \div 1{,}1)Q^*, \text{ kg/s.} \qquad (II.165)$$

Lưu lượng không khí trong ống dẫn ở điều kiện tiêu chuẩn ($\rho_k = 1{,}2$ kg/m^3; $p = 760$ mmHg) bằng:

$$V = Q/x\rho_k, \text{ m}^3\text{/s}; \qquad (II.166)$$

trong đó Q- năng suất tính theo vật liệu rắn, kg/s; x- nồng độ khối lượng tương đối của hỗn hợp, kg vật liệu/kg không khí; ρ_k- khối lượng riêng của không khí ở điều kiện tiêu chuẩn, kg/m^3.

Đường kính trong của ống dẫn:

$$d_o = \sqrt{\frac{V}{0{,}785 w_t}} \;; \qquad (II.167)$$

trong đó w_t- tốc độ của không khí, m/s, xem công thức (II.160).

112. Tổn thất áp suất chung trên đường ống

Đối với thiết bị vận chuyển áp suất cao hoặc dùng bơm (kiểu III và IV), xác định áp suất tuyệt đối của không khí p_d ở đầu ống dẫn (nơi tiếp liệu) theo các công thức sau đây:

– Sơ đồ N°1:

$$p_d = (1{,}1 \ldots 1{,}25)\frac{H\rho_k x}{10^4}, \text{ at}; \qquad (II.168)$$

– Sơ đồ N°2:

$$p_d = (1{,}35 \ldots 1{,}85)\frac{(H + 0{,}2L_n)\rho_k x}{10^4}, \text{ at}; \qquad (II.169)$$

Đối với vật liệu hạt nhỏ, hình tròn và có hệ số ma sát nhỏ thì lấy hệ số có giá trị bé.

– Sơ đồ N°3 và N°4:

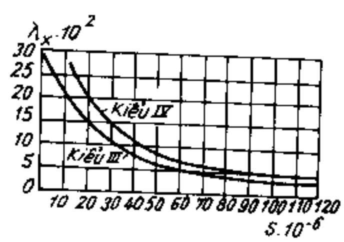
$$p_d = \sqrt{1 + \frac{\lambda_x x L_d w_t^2}{d_o}} + \frac{H\rho_k x}{10^4}, \text{ at}; \qquad (II.170)$$

trong đó $H = \Sigma L_d$- tổng chiều dài các đoạn thẳng đứng, m; ρ_k- khối lượng riêng của không khí trong các đoạn thẳng đứng, kg/m^3; x- nồng độ khối lượng tương đối của hỗn hợp; kg vật liệu/kg không khí; L_n- tổng chiều dài các đoạn nằm ngang, m; L_d- chiều dài vận chuyển biểu kiến, m; w_t- tốc độ của không khí m/s; d_o- đường kính trong của ống dẫn, m; λ_x- hệ số trở lực thực nghiệm, phụ thuộc vào đại lượng S:

$$S = \frac{xL_d w_t^2}{d_o}$$

Quan hệ $\lambda_x = f(S)$ đối với thiết bị kiểu III và IV biểu thị trên đồ thị II.31a.

Để tính toán sơ bộ, gần đúng, có thể chấp nhận các giá trị khối lượng riêng của không khí cho trong bảng II.25. Chọn giá trị khối lượng riêng lớn đối với các đoạn thẳng đứng gần nơi tiếp liệu.



Hình II.31a. Sự phụ thuộc $\lambda_x = f(S)$ đối với thiết bị kiểu III và IV

Đối với thiết bị vận chuyển bằng khí ở áp suất thấp và trung bình, tổn thất áp suất chung trong ống dẫn là (kiểu I, II hay III):

$$\Delta p = \Delta p_{đ} + \Delta p_{v} + \Delta p_{đt} + \Delta p_{g}, \text{ N/m}^2; \qquad \text{(II.171)}$$

trong đó $\Delta p_{đ}$- tổn thất áp suất khi chỉ có không khí chuyển động trong ống, kể cả tổn thất ma sát và tổn thất cục bộ, N/m^2.

Các tổn thất áp suất khác trong công thức (II.171) được xác định như sau:

Δp_{v}- tổn thất áp suất do có vật liệu chuyển động:

$$\Delta p_{v} = \lambda_x x \frac{L_{đ}\,\rho_k}{d_o} \cdot \frac{w_t^2}{2}, \text{ N/m}^2; \qquad \text{(II.172)}$$

trong đó λ_x- hệ số trở lực, xác định theo đồ thị hình II.31b cho các thiết bị loại I, II, III; $\Delta p_{đt}$- tổn thất áp suất để duy trì vật liệu ở trạng thái lơ lửng trong các đoạn ống thẳng đứng.

Đối với vật liệu bết dính như xi măng, bụi than, bột...;

$$\Delta p_{đt} = H\rho_k g x, \text{ N/m}^2. \qquad \text{(II.173)}$$

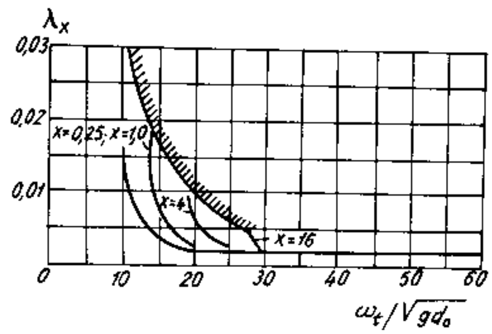
Đối với hạt to có tốc độ chuyển động w_h luôn luôn bé hơn tốc độ không khí w_t:

$$\Delta p_{đt} = H\rho_k g x \frac{w_t}{w_t - w_h}, \text{ N/m}^2. \qquad \text{(II.174)}$$

Δp_{g}- tổn thất áp suất để tạo gia tốc của hạt khi nạp chúng vào ống dẫn:

$$\Delta p_{g} = \xi_g x \frac{\rho_k w_t^2}{2}, \text{ N/m}^2, \qquad \text{(II.175)}$$

trong đó ξ_g- hệ số trở lực để tạo gia tốc của hạt, cho trong bảng II.29.



Hình II.31b. Sự phụ thuộc của λ_x vào đại lượng $w_t/\sqrt{gd_o}$ đối với vật liệu hạt

Bảng II.29. Giá trị hệ số ξ_g đối với các đoạn nằm ngang ở chỗ tiếp liệu

Vật liệu	Kích thước hạt, mm (đường kính tương đương)	ξ_g khi d_o bằng		
		150 mm	100 mm	75 mm
Kê	1,5	1,6	1,3	1,1
Lúa mạch	4	1,4	1,2	1,0
Tro thô	0,8	1,4	1,2	1,1
Bột thực phẩm	–	1,1	1,0	0,9
Tro mịn	0,11	–	2,2	2,0

Đối với nạp liệu thẳng đứng thì lấy giá trị ξ_g tăng lên 15 đến 25% so với giá trị trong bảng II.29.

Hệ số ξ_g thực tế không phụ thuộc vào tốc độ không khí. Đường kính ống tăng thì ξ_g cũng tăng. Đường kính hạt tăng thì ξ_g giảm. Khối lượng riêng của hạt tăng thì ξ_g giảm.

113. Công suất động cơ của máy thổi không khí

Công suất động cơ của máy nén hay máy thổi khí được xác định theo công thức:

$$N_m = \frac{L_m V_m}{1000\eta}\ , \text{kW}; \qquad (II.176)$$

trong đó η = 0,55 ... 0,75 - hiệu suất chung của máy nén; $V_m = V_k K$- năng suất của máy nén có tính đến hao hụt do rò không khí qua các chỗ hở của ống dẫn, m^3/s; V_k- lưu lượng không khí ở điều kiện tiêu chuẩn, m^3/s; K- hệ số (đối với thiết bị đẩy K = 1,1... 1,2, đối với thiết bị hút K = 1,25 ... 1,35); L_m- công lý thuyết của máy nén khí, tính cho 1 m^3 không khí khi nén đẳng nhiệt:

$$L_m = p_o \ln\frac{p_M}{p_o}\ , \frac{J}{m^3}\ ; \qquad (II.177)$$

ở đây p_o- áp suất tuyệt đối của không khí được hút, N/m^2; p_M- áp suất tuyệt đối được tạo ra trong máy nén, xác định theo công thức sau:

$$p_M = \alpha p + p_t\ , N/m^2; \qquad (II.178)$$

p- áp suất làm việc, N/m^2; α = 1,15... 1,25- hệ số tổn thất trong thiết bị tiếp liệu, phụ thuộc vào cấu tạo của bộ phận tiếp liệu; p_t = áp suất tổn thất trong ống dẫn không khí vào máy: đối với máy nén p_t = 2,94.10^4 N/m^2 (0,3 at), đối với các máy thổi khí p_t = 0,49.10^4 N/m^2; (0,05 at).

Đối với hệ thống đẩy, áp suất làm việc tính theo công thức:

$$p = p_d,\ N/m^2.$$

trong đó p_d- áp suất tuyệt đối của không khí tại điểm đầu ống đẩy, N/m^2.

Đối với hệ thống hút, p là độ chân không tại điểm cuối ống hút và tính theo công thức:

$$p = p_o - p_c\ , N/m^2.$$

trong đó p_o- áp suất khí quyển = 9,81.10^4 N/m^2; p_c- áp suất tuyệt đối tại điểm cuối ống hút, N/m^2.

Công suất động cơ của máy thổi khí làm việc ở chân không xác định theo phương trình (II.176), còn công cần thiết để nén 1 m^3 không khí được xác định theo độ chân không như sau:

p_M, at	L_m, J/m^3
0,6	46100
0,7	40200
0,8	34400
0,9	26500

Công suất động cơ của quạt ly tâm:

$$N_q = \frac{pV}{1000\eta_1\eta_2}\ , \text{kW}; \qquad (II.179)$$

trong đó p- áp suất do quạt tạo nên, N/m^2; V- lưu lượng không khí, m^3/s; η_1- hiệu suất của quạt (0,5 ... 0,6); η_2- hiệu suất bộ truyền động của quạt (0,85 ... 0,95).

VI. VẬN CHUYỂN CHẤT LỎNG. BƠM

§1. Một số khái niệm

114. Bơm là máy thủy lực dùng để vận chuyển và truyền năng lượng cho chất lỏng.

Các đại lượng đặc trưng của bơm là năng suất, áp suất, hiệu suất, công suất tiêu hao và hệ số quay nhanh.

Hệ số quay nhanh của guồng là số vòng quay của bơm mẫu một cấp đồng dạng hình học với bơm đó và có kích thước sao cho khi làm việc bơm tạo ra áp suất là $H = 1$ m với năng suất 0,075 m^3/s.

Hệ số quay nhanh được xác định theo công thức;

$$n_q = \frac{3{,}65n\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} \quad ; \qquad \text{(II.180)}$$

trong đó n- số vòng quay của bơm, vg/ph; Q- năng suất của bơm (thường là khi hiệu suất cao nhất), m^3/s; đối với bơm có guồng hút hai phía thì lấy năng suất giảm đi hai lần so với năng suất đã cho trong tài liệu chỉ dẫn; H- áp suất toàn phần, m.

Dựa vào hệ số quay nhanh tính theo công thức (II.180) ta có thể chọn kiểu bơm phù hợp với yêu cầu. Giá trị hệ số quay nhanh của một số bơm cho ở bảng II.30.

Bảng II.30. **Giá trị n_q của một số bơm**

Loại bơm	n_q, vg/ph
Bơm pittông và rôto	40
Bơm ly tâm	40 – 300
Bơm vít xoắn	300 – 600
Bơm hướng trục	600 – 1200

115. Dựa vào nguyên lý làm việc người ta chia bơm làm ba loại:

a) Bơm thể tích: chất lỏng được hút vào và đẩy ra khỏi bơm do sự thay đổi thể tích nhờ một bộ phận chuyển động tịnh tiến hay quay, do đó thế năng và áp suất của chất lỏng tăng lên. Loại này gồm có: bơm pittông, bơm răng khía, bơm cánh trượt, bơm trục vít, bơm màng.

b) Bơm ly tâm: năng lượng và áp suất chất lỏng tăng lên nhờ lực ly tâm tạo ra trong chất lỏng khi guồng quay. Ngoài bơm ly tâm còn có bơm hướng trục, bơm xoáy lốc cũng dựa trên nguyên tắc này.

c) Bơm không có bộ phận dẫn động: gồm một số loại bơm đặc biệt như bơm tia, bơm sục khí, thùng nén (môngtêju), xiphông..., không có bộ phận dẫn động như động cơ điện, máy hơi nước, mà dùng luồng khí hay hơi làm nguồn động lực đẩy chất lỏng chuyển động.

§2. Bơm pittông

Bơm pittông có mấy loại chính như: bơm tác dụng đơn, bơm tác dụng kép, bơm vi sai, bơm tác dụng ba.

116. Năng suất

Bơm tác dụng đơn:

$$Q_1 = \eta_0 60nFS, \ m^3/h; \qquad \text{(II.181)}$$

Bơm tác dụng kép:

$$Q_2 = \eta_o 60n(2F - f)S, \text{ m}^3/\text{h}; \qquad \text{(II.182)}$$

Bơm tác dụng ba:

$$Q_3 = 3Q_1; \qquad \text{(II.183)}$$

Bơm vi sai:

$$Q_v = Q_1; \qquad \text{(II.184)}$$

trong các công thức (II.181) ÷ (II.184): $F = \pi D^2/4$- diện tích mặt cắt ngang của pittông, m^2; $f = \pi d^2/4$- diện tích mặt cắt ngang của cán pittông, m^2; η_o- hiệu suất thể tích của bơm, $\eta_o = 0{,}9$; D- đường kính pittông, m; d- đường kính cán pittông, m; S- khoảng chạy của pittông, m; n- số vòng quay của trục trong một phút, vg/ph.

Muốn thay đổi năng suất của bơm pittông, chủ yếu người ta thay đổi số vòng quay của động cơ điện hoặc thay đổi tỉ số truyền của hộp biến tốc; ngoài ra có thể thay đổi chiều dài của tay quay, nghĩa là thay đổi khoảng chạy của pittông. Trong các bơm chạy bằng hơi nước người ta thay đổi khoảng chạy của pittông bằng cách điều chỉnh lại bộ phân phối hơi.

117. Áp suất toàn phần do bơm tạo ra được xác định theo công thức:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_o + h_m, \text{ m}; \qquad \text{(II.185)}$$

trong đó H- áp suất toàn phần do bơm tạo ra, tính bằng mét cột chất lỏng được bơm; p_2 và p_1- áp suất trên bề mặt chất lỏng trong không gian đẩy và hút, N/m^2; ρ- khối lượng riêng của chất lỏng cần bơm, kg/m^3; g- gia tốc trọng trường, m/s^2; H_o- chiều cao nâng chất lỏng (hình II.33), m; h_m- áp suất tiêu tốn để thắng toàn bộ trở lực trên đường ống hút và đẩy (kể cả trở lực cục bộ khi chất lỏng ra khỏi ống đẩy), m.

Có thể xác định áp suất toàn phần do bơm tạo ra theo một công thức khác:

$$H = \frac{p_A - p_C}{\rho g} + h_o + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}, \text{ m}; \qquad \text{(II.186)}$$

trong đó p_A và p_C- áp suất trong ống đẩy và ống hút ở điểm chất lỏng ra và vào bơm (đọc ở áp kế và chân không kế, xem hình II.33), N/m^2; h_o- khoảng cách thẳng đứng giữa hai điểm đo áp suất p_A và p_C, m; w_2- tốc độ chất lỏng trong ống đẩy, m/s; w_1- tốc độ chất lỏng trong ống hút, m/s.

Các ký hiệu khác như trong công thức (II.185).

118. Chiều cao hút của bơm được xác định như là hiệu số áp suất (tính bằng *mét cột chất lỏng cần bơm*) giữa mức chất lỏng trong bình hút và mức trục nằm ngang của bơm tức là tại cửa vào của bơm. Có thể xác định chiều cao hút theo công thức sau:

$$H_1 = [p_1/(g\rho)] - [p_h/g\rho)] - h_{m_1} - h_{i_1}; \qquad \text{(II.187)}$$

trong đó p_1- áp suất trong bể hút, N/m^2; p_h- áp suất chất lỏng ở cửa vào trong bơm, N/m^2; h_{m_1}- tổn thất áp suất để khắc phục trở lực trên đường ống hút, m; h_{i_1}- tổn thất áp suất để khắc phục lực quán tính của chất lỏng trong ống hút, m.

Nếu bể hút thông với khí quyển thì $p_1 = p_a$ (p_a - áp suất khí quyển). Áp suất chất lỏng ở cửa vào bơm cần phải lớn hơn áp suất hơi bão hòa tại nhiệt độ bơm ($p_h > p_{bh}$). Vì rằng nếu áp suất chất lỏng trong bơm nhỏ hơn áp suất hơi bão hòa ở nhiệt độ đó thì chất lỏng sẽ sôi, có thể làm gián đoạn dòng chảy trong bơm và chiều cao hút giảm đến không. Do đó chiều cao hút cho phép là:

$$H_1 \le (p_a/\rho g)(\rho_{bh}/\rho g) - h_{m_1} - h_{i_1}. \qquad \text{(II.188)}$$

Khi nhiệt độ tăng thì áp suất hơi bão hòa của chất lỏng cũng tăng, do đó chiều cao hút giảm. Vì vậy khi áp suất hơi bão hòa của chất lỏng cần bơm đạt giá trị bằng áp suất p_h thì chất lỏng sẽ hóa hơi và bơm không tiếp tục làm việc được nữa.

Chiều cao hút tối đa cho phép đối với bơm pittông phụ thuộc vào nhiệt độ và số vòng quay cho trong bảng II.31.

Bảng II.31. **Chiều cao hút giới hạn của bơm pittông (mét cột chất lỏng)**

n, vg/ph	t, °C						
	0	20	30	40	50	60	70
50	7	6,5	6,0	5,5	4,0	2,5	0
60	6,5	6,0	5,5	5,0	3,5	2,0	0
90	5,5	5,0	4,5	4,0	2,5	1,0	0
120	4,5	4,0	3,5	3,0	1,5	0,5	0
150	3,5	3,0	2,5	2,0	0,5	0	0
180	2,5	2,0	1,5	1,0	0	0	0

119. Công suất yêu cầu trên trục bơm xác định theo công thức:

$$N = \frac{Q\rho gH}{1000\eta}\ , \text{kW}\ ; \qquad \text{(II.189)}$$

trong đó Q- năng suất của bơm, m³/s; ρ- khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m³; g- gia tốc trọng trường, m/s²; H- áp suất toàn phần của bơm, m; η- hiệu suất chung của bơm, η = 0,72 ... 0,93, $\eta = \eta_o.\eta_{tl}.\eta_{ck}$; η_o- hiệu suất thể tích tính đến sự hao hụt chất lỏng chảy từ vùng áp suất cao đến vùng áp suất thấp và do chất lỏng rò qua các chỗ hở của bơm; η_{tl}- hiệu suất thủy lực, tính đến ma sát và sự tạo ra dòng xoáy trong bơm; η_{ck}- hiệu suất cơ khí tính đến ma sát cơ khí ở ổ bi, ổ lót trục.

Hiệu suất toàn phần η phụ thuộc vào loại bơm và năng suất. Khi thay đổi chế độ làm việc của bơm thì η cũng thay đổi. Giá trị hiệu suất cho ở bảng II.32.

Bảng II.32. **Hiệu suất của một số loại bơm**

Loại bơm	η_o	η_{tl}	η_{ck}
Bơm pittông	–	0,8 – 0,94	0,9 – 0,95
Bơm ly tâm	0,85 – 0,96	0,8 – 0,85	0,92 – 0,96
Bơm xoáy lốc	> 0,8	> 0,7	> 0,9
Bơm răng khía	0,7 – 0,9	–	–

120. Công suất động cơ điện:

$$N_{dc} = \frac{N}{\eta_{tr}\eta_{dc}}\ , \text{kW}; \qquad \text{(II.190)}$$

trong đó N- công suất trên trục của bơm, kW; η_{tr}- hiệu suất truyền động; η_{dc}- hiệu suất động cơ điện.

Thường thường người ta chọn động cơ điện có công suất lớn hơn so với công suất tính toán (lượng dự trữ dựa vào khả năng quá tải):

$$N_{dc}^{c} = \beta.N_{dc}; \qquad \text{(II.191)}$$

β- hệ số dự trữ công suất. Giá trị β cho ở bảng II.33.

121. Độ không đồng đều của áp suất trong bầu khí:

$$\delta = \frac{p_{max} - p_{min}}{p_{tb}}; \quad \text{(II.192)}$$

trong đó p_{max}- áp suất cực đại trong bầu khí tương ứng với thể tích cực tiểu V_{min} của khí trong bầu; p_{min}- áp suất cực tiểu trong bầu khí tương ứng với thể tích cực đại V_{max} của khí trong bầu; p_{tb}- áp suất trung bình trong bầu khí:

$$p_{tb} = 0{,}5(p_{max} + p_{min}).$$

Bảng II.33. Giá trị hệ số dự trữ β

N_{dc}kW	β
< 1	2 – 1,5
1 – 5	1,5 – 1,2
5 – 50	1,2 – 1,15
> 50	1,1

Thể tích chất lỏng dự trữ trong bầu khí:

$$U = V_{max} - V_{min}. \quad \text{(II.193)}$$

Đối với bầu khí ống đẩy, lấy $\delta \leq 0{,}02$; còn đối với bầu khí ống hút, lấy $\delta = 0{,}04 \ldots 0{,}05$.

122. Nguyên nhân làm giảm hiệu suất của bơm pittông:

– do supap hút hạ xuống không đúng lúc nên làm cho chất lỏng bị thoát ra ống hút;

– do supap hút nâng lên không đúng lúc nên quá trình hút không đồng đều trên toàn quãng đường đi của pittông.

– do các chỗ nối ở mặt bích, vật đệm ở pittông và supap không kín;

– do không khí hoặc hơi đọng lại ở trong xilanh nên quá trình hút chỉ xảy ra khi nào không khí hay hơi trong đó giãn ra và có áp suất bằng áp suất hút v.v.

Trong các nhược điểm trên, nhược điểm một và hai có thể tránh được nếu tính supap và lực tác dụng lên chúng thật chính xác.

Khắc phục nhược điểm ba bằng cách lắp ráp cẩn thận chính xác.

Nhược điểm thứ tư là do kết cấu còn thiếu sót.

Khi chế tạo bơm cần chú ý để không khí trong xilanh không ở dạng "bọt không khí" trong các khu chết của bơm và nếu có thể được thì đẩy nó ra cùng với chất lỏng vào ống đẩy.

§3. Bơm ly tâm

123. Trong công nghiệp hiện nay do yêu cầu của kỹ thuật sản xuất, người ta dùng ngày càng nhiều các loại bơm ly tâm khác nhau về cấu tạo, về vận hành. Có nhiều cách phân loại khác nhau dựa theo số bậc áp suất, cách sắp đặt trục bơm v.v.

Theo số bậc áp suất, chia ra bơm một cấp, hai cấp và nhiều cấp.

Theo cách sắp đặt trục bơm, chia ra loại thẳng đứng và loại nằm ngang.

124. Năng suất của bơm. Năng suất của bơm ly tâm phụ thuộc vào tốc độ tương đối của chất lỏng trong rãnh của guồng, vào bề dày và đường kính của guồng

$$Q = (\pi D_1 - \delta Z)B_1 C_{r_1} = (\pi D_2 - \delta Z)B_2 C_{r_2}; \quad \text{(II.194)}$$

trong đó D_1- đường kính trong của bánh guồng, m; D_2- đường kính ngoài của bánh guồng, m; B_1- bề rộng bánh guồng ở vành trong, m; B_2- bề rộng bánh guồng ở vành ngoài, m; δ- bề dày của cánh guồng, m; Z- số cánh của guồng; C_{r_1}, C_{r_2}- tốc độ của chất lỏng đi vào và ra khỏi bánh guồng theo hướng bán kính.

125. Áp suất toàn phần và công suất của bơm ly tâm cũng tính theo công thức của bơm pittông.

Khi thay đổi số vòng quay thì năng suất, áp suất toàn phần và công suất của bơm ly tâm cũng thay đổi, khi số vòng quay của bơm ly tâm dao động ít (trong giới hạn ≈ 20%) có nghĩa là trong khu vực hiệu suất thay đổi ít, ta áp dụng công thức gần đúng sau để tính giá trị mới của các đại lượng:

$$Q_{n1}/Q_n = n_1/n;\ H_{n1}/H_n = (n_1/n)^2;\ N_{n1}/N_n = (n_1/n_3)^3.$$

Có thể điều chỉnh năng suất của bơm ly tâm theo hai cách:

- tiết lưu ở ống đẩy;
- thay đổi số vòng quay của bơm.

Cách thứ nhất dùng cho các bơm nhỏ, cách thứ hai dùng cho các bơm lớn.

126. Chiều cao hút của bơm ly tâm

Chiều cao hút của bơm ly tâm cũng tính theo các công thức của bơm pittông, trong đó thay h_{il} bằng h_{xt} :

$$h_{xt} = 0{,}00123\ (Qn^2)^{2/3}; \qquad \text{(II.195)}$$

trong đó h_{xt}- độ giảm áp suất do xâm thực, m.

Sự phụ thuộc chiều cao hút của bơm ly tâm vào nhiệt độ cho ở bảng II.34.

Trong các bảng tra cứu người ta thường đưa ra chiều cao hút chân không H_1 đối với nước ở nhiệt độ dưới 20°C và ở áp suất khí quyển bằng 10 m H_2O. Ở chiều cao này bơm làm việc hoàn toàn bảo đảm và không xảy ra hiện tượng xâm thực. Tuy nhiên để loại trừ khả năng dao động trong bơm nên giảm chiều cao hút khoảng 1 đến 1,5 m so với các giá trị cho trong bảng.

Bảng II.34. **Sự phụ thuộc chiều cao hút của bơm ly tâm vào nhiệt độ**

Nhiệt độ, °C	10	20	30	40	50	60	65
Chiều cao hút, m	6	5	4	3	2	1	0

Chiều cao hút chân không H_1 tương ứng với một số vòng quay nhất định của bơm. Khi bơm làm việc ở số vòng quay khác thì chiều cao hút mới H_1^* được tính theo công thức:

$$H_1^* = 10 - (10 - H_1)(n^*/n)^2. \qquad \text{(II.196a)}$$

Nếu bơm làm việc với áp suất khí quyển khác với 10 m H_2O thì chiều cao hút mới H_1^{**} được tính theo công thức:

$$H_1^{**} = H_1^* - 10 + H_a - lt_{bh}, \qquad \text{(II.196b)}$$

trong đó H_1^*- chiều cao hút chân không của bơm ứng với số vòng quay n^*, m; H_a- áp suất khí quyển tại chỗ đặt bơm, m. Sự phụ thuộc của áp suất khí quyển vào độ cao so với mặt biển cho ở bảng II.35; h_{bh}- áp suất hơi bão hòa của chất lỏng cần bơm.

Bảng II.35. **Sự phụ thuộc của áp suất khí quyển vào độ cao so với mặt biển**

	Độ cao so với mặt biển, m													
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	2000
Số chỉ của phong vũ kế, tor	760	751	742	733	724	716	707	699	690	682	674	658	635	598
Áp suất khí quyền H_a, mH_2O	10,3	10,2	10,1	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	8,9	8,6	8,1

Áp suất khí quyển tính theo mét cột chất lỏng có khối lượng riêng ρ_1 tính theo công thức:

$$H_{a1} = H_a \cdot \frac{1000}{\rho_1} \quad \text{(II.196c)}$$

127. Một số điểm cần chú ý

Khác với bơm pittông, bơm ly tâm không tự hút chất lỏng được, vì vậy khi khởi động cần phải đuổi không khí ra khỏi bơm và ra khỏi ống hút (mồi bơm).

Công suất tiêu tốn của bơm tỉ lệ thuận với khối lượng riêng của chất lỏng cần bơm. Trong các bảng tra thường đưa ra công suất của động cơ điện khi bơm nước, có nghĩa là với $\rho_1 = 1000$ kg/m^3.

Độ nhớt của chất lỏng ảnh hưởng đến áp suất, năng suất, hiệu suất và chiều cao hút của bơm.

Thường người ta lấy tốc độ trong đường ống nhỏ hơn trong chỗ nối ống vào và chỗ nối ống ra. Vì vậy giữa bơm và đường ống phải đặt một ống chuyển tiếp thu nhỏ về phía bơm. Chiều dài của đoạn nối ống này bằng:

$$L = k(d_o - d_n); \quad \text{(II.197)}$$

trong đó d_o- đường kính ống dẫn, m; d_n- đường kính chỗ nối ống vào bơm, m.

Hệ số k thường lấy trong khoảng 5 ... 7.

§4. Bơm xoáy lốc

128. Đặc trưng đặc biệt của bơm xoáy lốc là khả năng tự hút khi khởi động máy. Tuy nhiên chiều cao tự hút thường nhỏ hơn chiều cao hút chân không cho phép.

Khi số vòng quay không đổi thì mất mát năng lượng trong guồng càng lớn nếu năng suất càng nhỏ. So với bơm ly tâm có cùng số vòng quay thì bơm xoáy lốc tạo được áp suất lớn gấp 2 đến 10 lần.

Đặc tuyến của bơm này khác nhiều so với bơm ly tâm: khi năng suất giảm thì áp suất toàn phần và công suất của bơm tăng rõ rệt và đạt đến cực đại khi năng suất bằng không. Vì vậy, để tránh tăng áp suất toàn phần và công suất lên quá cao khi mở máy, ta phải mở van chắn trước.

Mất mát năng lượng của bơm xoáy lốc rất lớn, do đó hiệu suất của bơm xoáy lốc thường nhỏ. Loại có cấu tạo tốt nhất hiện nay hiệu suất η cũng không vượt quá 0,5.

§5. Bơm răng khía

129. Khác với bơm ly tâm và bơm xoáy lốc, bơm răng khía không thể làm việc khi van cao áp đóng kín. Bơm răng khía có van an toàn để đảm bảo lúc khởi động đẩy chất lỏng từ phòng đẩy sang phòng hút nếu áp suất đẩy cao quá trị số cho phép.

Năng suất của bơm răng khía:

$$Q = 60fl(Z_1n_1 + Z_2n_2)\eta_o, \text{ m}^3/\text{h}; \quad \text{(II.198)}$$

trong đó f- diện tích tiết diện ngang vùng trống giữa các răng, m^2; l- chiều dài bánh răng, m; Z_1, Z_2 - số răng của bánh răng 1 và 2; n_1, n_2- số vòng quay của bánh răng 1 và 2, vg/ph; η_o- hiệu suất thể tích tính đến sự rò chất lỏng qua khe từ vùng đẩy sang vùng hút, lấy $\eta_o = 0,7 ... 0,9$.

Năng suất của bơm răng khía phụ thuộc vào kích thước hình học của bơm và số vòng quay của trục.

§6. Bơm vít xoắn

130. Cũng như bơm răng khía, bơm vít xoắn thuộc loại bơm thể tích. Nó thường được dùng ở các hệ thống tuần hoàn dầu bôi trơn máy.

Năng suất của bơm này tính theo công thức:

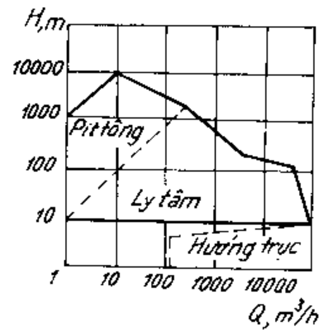
$$Q = \eta_0 \frac{d^3 n}{14500}, \text{ l/s;} \qquad (II.199)$$

trong đó η_0- hệ số lấy bằng 0,7 ... 0,95; n- số vòng quay trong một phút, vg/ph; d- đường kính vít xoắn, cm.

Chú ý: Áp suất toàn phần và công suất của các loại bơm kể trên đều tính theo công thức như ở phần bơm pittông.

§7. So sánh và sử dụng các loại bơm

131. Hiện nay trong các ngành công nghiệp và nhất là trong ngành công nghiệp hóa chất, các loại bơm được sử dụng rất rộng rãi. Sử dụng loại bơm nào là do yêu cầu kỹ thuật (năng suất, công suất, hiệu suất) và yêu cầu về kinh tế (rẻ tiền, làm việc an toàn...). Trong hình II.32 đưa ra biểu đồ sử dụng các loại bơm khác nhau tùy thuộc vào yêu cầu về năng suất và áp suất.



Hình II.32. Vùng áp dụng các loại bơm khác nhau

Tuy nhiên trong tất cả các loại bơm kể trên thì bơm ly tâm được dùng nhiều hơn cả, chúng có nhiều ưu điểm so với bơm pittông như:

- cung cấp đều;
- quay nhanh (có thể nối trực tiếp với động cơ);
- thiết bị đơn giản;
- có thể bơm các chất lỏng không sạch;
- không có supap nên ít bị tắc và hư hỏng.

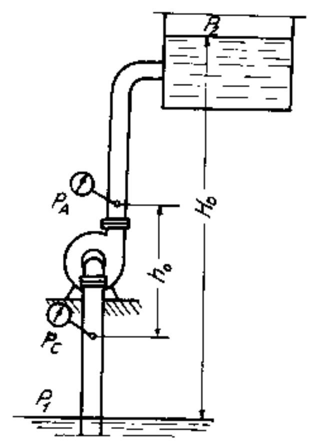
Nhưng bơm ly tâm cũng có những nhược điểm so với bơm pittông như:

- hiệu suất thấp hơn bơm pittông từ 10 đến 15%;
- năng suất giảm khi áp suất tăng;

Bơm ly tâm được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp hóa chất và các ngành công nghiệp khác, nó được dùng trong phạm vi áp suất từ trung bình trở xuống và năng suất từ trung bình trở lên.

Bơm pittông dùng khi năng suất tương đối nhỏ nhưng áp suất lớn và không đòi hỏi cung cấp đều đặn.

Bơm pittông chạy bằng hơi nước dùng để bơm các chất lỏng dễ cháy, dễ nổ. Ngoài ra còn dùng để bơm chất lỏng có độ nhớt lớn.



Hình II.33. Sơ đồ thiết bị bơm

Khi cần bơm lưu lượng lớn tới 30 m^3/s với áp suất nhỏ (dưới 10 ... 15 m) thì người ta dùng bơm hướng trục - loại này hay dùng trong thủy lợi.

Bơm răng khía dùng để bơm các chất lỏng có độ nhớt cao, không chứa các hạt rắn, khi cần áp suất lớn (tới 150 at) nhưng năng suất nhỏ (không quá 0,1m^3/s).

Bơm tia, bơm thùng nén, bơm sục khí khác với các loại bơm trên là có cấu tạo đơn giản, không có bộ phận truyền động, có thể chế tạo bằng những vật liệu có độ bền hóa học cao. Loại bơm này dùng để bơm các chất lỏng ăn mòn mạnh nhưng hiệu suất thấp.

Bơm thùng nén có hiệu suất không quá 20%, bơm tia, xiphông từ 30 đến 35%. Đặc tính một số bơm thông dụng cho trong các bảng từ II.36 đến II.46.

Bảng II.36. **Bơm chất lỏng thường**

Loại bơm	Các thông số					Vật liệu		
	Năng suất m^3/h	Áp suất toàn phần, m	Số vòng quay, vg/ph	Nhiệt độ, °C	Chiều cao hút m	Vỏ ngoài	Bánh guồng	Trục
К	8 - 290	18 - 85	1450 - 2900	< 80	4 - 5,5	Gang	Gang	Thép cacbon
В	$(55 - 58)10^3$	29 - 90	250 - 750	< 35	10 - 12	Thép cacbon	Thép 25Л	Thép 40^2
Д	200 - 2000	28 - 125	980 - 2950	< 80	3 - 8,5	Gang	Gang	Thép 40
ЦНС	34 - 1000	64 - 600	1500 - 3000	< 80	3 - 5	Gang	Gang	Thép 45
ЦН 400 - 210	400	210	1450	< 100	6	Gang	Thép 35	Thép 45, 40
ЦВТ	40 - 160	40 - 100	1500	< 35	-	Gang	Gang	Thép 20X13
2ЭЦВ12	160 - 375	25 - 145	2900	< 25	(1 - 6)	Gang, đồng	Gang, đồng	Thép 20X13, thép 40XφPA
ОПВ	$(2 - 150)10^3$	3 - 20	250 - 960	< 35	-	Gang, thép	12X18H9T	Thép 40
ОПГ 220 (Г)	$(47 - 72)10^3$	4,7 - 7,2	214	4 - 35	-	Thép (vỏ trong thép)	12X18H9T	Thép 40
ОПВ2500 - 4,2 ВК	2500	4,2	730	< 40	5,5	Thép không gỉ	Thép không gỉ	Thép 40
ЦВ	3,6 - 36	16 - 45	1450	-	3 - 6	Gang	Thép 35	Thép 45
СВН - 80	14,4 - 23	85 - 160	2900	< 105	7	Gang	Thép 35Л	Thép 45
СЦВ - 1,5М	20 - 30	29 - 50	1450	$-40 \div 50$	5,5	АЛ-9	Đồng	Thép 45
	0,6 - 1,5	12 50	1440	-	6	Gang	Đồng	Thép 20X13

Chú thích:

К- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm chất lỏng trung tính, sạch hoặc hơi bẩn;
В- bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm nước nguội trung tính, sạch;
Д- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm chất lỏng trung tính, sạch, hoặc hơi bẩn;
ЦНС- bơm ly tâm nhiều cấp để bơm chất lỏng trung tính, sạch hoặc hơi bẩn. Nếu các chi tiết chính của bơm làm bằng các vật liệu bền mòn thì bơm có thể dùng để bơm các chất lỏng có hoạt tính hóa học;
ЦН- bơm ly tâm bốn cấp nằm ngang để bơm nước nguội, trung tính, sạch;
ЦВТ- bơm ly tâm một hoặc nhiều cấp thẳng đứng để bơm nước chứa tạp chất rắn với nồng độ nhỏ hơn 0,1% khối lượng;
ЭЦВ- bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm nước chứa tạp chất rắn với nồng độ nhỏ hơn 0,05% khối lượng;
ОПВ- bơm hướng trục một cấp thẳng đứng để bơm chất lỏng trung tính, sạch hoặc hơi bẩn;
ОПГ- bơm hướng trục nằm ngang để bơm nước trung tính;
ВК- bơm xoáy lốc một cấp nằm ngang để bơm nước sạch, chất lỏng có hoạt tính hóa học hoặc trung tính nhiệt độ thấp hơn 85°C, độ nhớt bé hơn $35.10^{-6} m^2/s$, không chứa tạp chất rắn;
ЦВ- bơm ly tâm xoáy lốc để bơm chất lỏng trung tính, sạch hoặc hơi bẩn;
СВН- bơm xoáy lốc tự hút hai cấp nằm ngang để bơm nước sạch sản phẩm dầu mỡ trong rượu và các chất lỏng trung tính, sạch độ nhớt nhỏ hơn $20.10^{-6} m^2/s$;
СЦВ- bơm ly tâm xoáy lốc tự hút thẳng đứng để bơm nước sạch.

Bảng II.37. Bơm dùng cho các chất lỏng bẩn có chứa tạp chất rắn lơ lửng

Loại bơm	Các thông số					Vật liệu			
	Năng suất m^3/h	Áp suất toàn phần, m	Các thông số Số vòng quay, vg/ph	Nhiệt độ chất lỏng, °C	Chiều cao hút, m	Vỏ ngoài	Vỏ trong	Bánh guồng	Trục
ГруЛ	150 - 2140	16 - 58	585 - 1450	< 30	7 - 8	ИХ28Н2, thép 35 ХНФЛ СЦ18		ИЧХ28Н2	Thép 45
ГруТ	540-4700	40 - 74	485 - 730	< 60	7 - 8				Thép 45
НШ-200 U	200	40	1450	< 75		Thép 30L Gang Thép crôm Gang Gang Gang Gang Thép 10Х18Н12М 3ГЛ	ИЧХ28Н2 Thép 40ХГСНЛ Thép 40	Thép 25 ИЧХ28Н2 Thép 40 Thép crôm Gang Gang Gang CR18 Đồng	Thép 45 Thép 45 Thép 40X Thép 40X Thép 45 Thép 30X13
ПЕ	12,5 - 1250	12,5 - 60	965 - 1450	< 60					
ФГ	12,6 - 800	10 - 58	960 - 2900	< 100	2 - 9				
ФВГ40/46	144	46	1450	< 100	5 - 8				
ФГС 1/31	81	31	1450	< 100	5 - 8				
БМ	40 - 540	16 - 45	980 - 1450	< 105	5 - 8				
ПБ					(1)				
ГНОМ	10 - 100	10 - 25	2900			Hợp kim АЛ9 Thép cacbon Đồng БрОЦС12-5	Caosu	Thép 12Х18Н10 Thép 40ХГСНЛ Thép cacbon Đồng БрОЦС12-5	Thép 20X13 Thép 30X13
ЦКМ	6,3 - 16	10 - 27	2900	< 60	(0,3)				
ЦМФ160	160	10	1500	< 40	0,3)				

Chú thích:

ГруЛ- bơm ly tâm nằm ngang để bơm các chất lỏng có chứa tạp chất rắn với nồng độ và kích thước tương đối lớn, dùng trong công nghiệp xây dựng và khai khoáng;

ГруТ- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm các chất lỏng có chứa tạp chất rắn với nồng độ và kích thước lớn;

НШ - bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm chất lỏng trung tính có chứa tạp chất rắn;

ПБ - bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm các chất lỏng có độ pH = 6 - 8, có chứa tạp chất rắn, khối lượng riêng của chất lỏng r < 1,8 kg/l;

ФГ- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm các chất lỏng bẩn có độ pH = 6-8, có chứa tạp chất rắn hoặc sợi với nồng độ nhỏ hơn 1% thể tích;

ФВ - bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm các chất lỏng bẩn có độ pH = 6-8, có chứa tạp chất rắn với nồng độ nhỏ hơn 1% thể tích, khối lượng riêng của chất lỏng ρ < 1050 kg/m^3;

ФГС - bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm chất lỏng trung tính, bẩn, chứa tạp chất rắn với nồng độ nhỏ hơn 1% thể tích, khối lượng riêng của chất lỏng ρ < 1050 kg/m^3;

М - bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm chất lỏng có chứa bột giấy với nồng độ 4 - 6% khối lượng;

ГНОМ- bơm ly tâm thẳng đứng để bơm nước bẩn có chứa tạp chất rắn với nồng độ nhỏ hơn 10% khối lượng, khối lượng riêng của nước bẩn ρ < 1250 kg/m^3;

ЦКМ- bơm ly tâm một cấp để bơm nước thải có độ pH = 6-8 có chứa tạp chất rắn với nồng độ nhỏ hơn 1% thể tích, khối lượng riêng của nước thải ρ < 1050 kg/m^3;

ЦНМФ - bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm nước thải của các xí nghiệp chăn nuôi gia súc có chứa các bã rắn dạng sợi hoặc cục với kích thước nhỏ hơn 100 × 60 mm, hàm lượng pha rắn trong nước thải nhỏ hơn 40% khối lượng.

Bảng II.38. **Bơm dùng trong các trạm năng lượng**

Loại bơm	Các thông số					Vật liệu			
	Năng suất, m^3/h	Áp suất toàn phần, m	Số vòng quay, vg/ph	Nhiệt độ chất lỏng, ^oC	Chiều cao hút, m	Vỏ ngoài	Vỏ trong	Bánh guồng	Trục
ПЭ 100-53 ПЭ 250-180 ПЭ 580-185/200 ПЭ 600-300 ПН	100 250 580 600 1135 - 1500	550 1975 (18,5; 20) (30) (33; 34)	3000 3000 2985 6300 4700 6000	160 160 160 160 165	4 12 14 (200) (150; 210)	СЧ21 Thép 25Л Thép 30 Thép 30 Thép 15ХIМФ	20Х13Л 20Х13Л 20Х13Л 20Х13Л 20Х13Л	20Х13Л 20Х13Л 20Х13Л 20Х13Л 20Х13Л	Thép 40 Thép 40ХФА Thép 40ХФА Thép 40ХФА -
ПД 650 - 180 ПД 1600 - 180 СПЭ 1650 - 75 K_c 125 - 55 ЦН 1000 - 220 K_c K_cB	650 1600 - 2230 1650 125 1000 12 - 80 200 - 500	158 170 (7,5) 55 220 55 - 155 85 - 220	2980 1900 2975 1500 2975 1500 - 3000 1000 - 1500	165 165 160 < 125 60 125 - 160 125	18 12 15 1,6 15 1,6 1,6 - 2,5	СЧ21 СЧ21 Thép 21Л СЧ21 СЧ21 СЧ21 СЧ18	- - 20Х13Л - - - 20Х13Л	20Х13Л 20Х13Л 20Х13Л СЧ18 20Х13Л 20Х13Л; СЧ21 20Х13Л	Thép 40Х Thép 40ХФА Thép 40ХФА Thép 40Х Thép 40Х Thép 40Х Thép 40
СЭ 5000 - 160 СЭ 1250 - 140 ГЦН 20000-100 ЦНР 500-115 ПЭН - 310 MCK	5000 1250 9.10^3 200 - 500 $6,5.10^3$ 1000; 1500	160 140 84 100 - 126 60 375; 575	3000 1500 1480 3000 1470 2980	120 < 180 290 15 - 284 270 160 - 120	40 7,5 150 17 - 16	Thép 30 СЧ21 СЧ21 Thép 25K Thép 12Х18Н10Т Thép 12Х18Н10Т Thép 10Х18Н12М3Т	- - - - - - -	20Х13Л СЧ21 12Х18Н10ТЛ 20Х13Л 20Х13Л Thép 10Х18Н12М3Т	Thép 40 Thép 40ХФА Thép 14Х17Н2 Thép 14Х17Н2 Thép 14Х17Н2
МКВ НВР	550 - 590 15 - 36	37 - 52 (2 - 4,5)	1470 3000	< 160 < 60	5 0,6	СЧ21 Thép cacbon	- -	20Х13Л Thép 20Л	

Chú thích

ПЭ- bơm ly tâm nhiều cấp nằm ngang để cấp nước cho nồi hơi;
ПД- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để cấp nước cho nồi hơi;
СПЭ- bơm ly tâm nhiều cấp nằm ngang để cấp nước cho các máy sinh hơi;
K_c- bơm ly tâm nhiều cấp nằm ngang để bơm nước ngưng;
ЦН- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm nước ngưng có nhiệt độ nhỏ hơn 60°C;
K_cB- bơm ly tâm nhiều cấp thẳng đứng để bơm nước ngưng;
СЭ- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm nước trong các trạm nhiệt điện;
ПН- bơm ly tâm nhiều cấp nằm ngang để cấp nước cho nồi hơi;
ГЦН- bơm ly tâm một cấp thẳng đứng;
ЦНР- bơm ly tâm một cấp nửa ngang để bơm nước làm lạnh, sạch;
ПЭН- bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm nước;
MCK- bơm ly tâm nhiều cấp nằm ngang để bơm dung dịch axit làm sạch nồi hơi;
МКВ- bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm dầu khoáng sạch;
НВР- bơm ly tâm nhiều cấp thẳng đứng để bơm dầu khoáng sạch.

Bảng II.39. **Bơm dùng trong các xí nghiệp hóa chất**

Loại bơm	Các thông số					Vật liệu			
	Năng suất, m^3/h	Áp suất toàn phần m	Số vòng quay, vg/ph	Nhiệt độ chất lỏng °C	Chiều cao hút, m	Vỏ ngoài	Vỏ trong	Bánh guồng	Trục
X	3 - 288	10 - 143	1450 - 2900	40 ÷ +90	2,8		A, B, C, D, F		Thép 45 Thép
1; 5(0)-4X2(3)	8	60	2900	−40 ÷ +	4		A, C, D, E		06XH28MT
2X - 6Π - 3a	20	31	2900	200 < 70	4,5	CR 18	Polypropylen	Polypropylen	-
4ΠX - 4p	30	30	1150	40	(2)	CR12	Cao su 3036	Cao su 3036И	Thép12X18H10A
1,5AXBMC	8	18	2900	−40 ÷ +90	3	Thép 10X18H9T	-	Thép 10X18H9T	Thép 30X13
OXP - 35x2	600 - 800	20	-		16	Thép 10X18H9TЛ	-	Thép 10X18H9TЛ	-
4AX - 3T	45	45	2900	−40 ÷ +90	3	Hợp kim BT - 1	-	Hợp kim BT - 1	
1,5XM3T	8	40	2900	−40 ÷ +90	4	Hợp kim BT - 1	-	Hợp kim BT - 1	
ΠXΠ	8 - 540	10 - 52	735 - 2900	−40 ÷ +80	3-6		A, C, D		
ЦГ	24 - 140	26 - 54	3000	−50 ÷ +100	2-5		A, C, D		
CXГ	400 - 12000	1 - 11	500 -	-	-		C, D, E		
X20/18	20	18	15002900	-	-		F		
XM	2	20 - 35	2900	-	-		C, D, E		
XB	90 - 280	4 - 33	1450 - 2900	-	-				

Chú thích:

A- thép cacbon, gang; B- thép crôm; C- thép crôm niken; d- thép crôm-niken-môlipđen; E- thép crôm - niken - môlipđen - đồng; F- ferosilic;

X- bơm ly tâm 1-3 cấp, nằm ngang để bơm chất lỏng trung tính hoặc có hoạt tính hóa học chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 0,2 mm, với nồng độ nhỏ hơn 0,2% khối lượng, khối lượng riêng của chất lỏng nhỏ hơn 1850 kg/m^3;

XΠ- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm chất lỏng có tính axit, kiềm hoặc hoạt tính hóa học khác, sạch, có khối lượng riêng nhỏ hơn 1200 kg/m^3;

ΠX-P bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm chất lỏng có hoạt tính hóa học chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 0,6 mm, nồng độ nhỏ hơn 40% khối lượng;

AXBMC- bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm các dung dịch clorit chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 1 mm, nồng độ nhỏ hơn 4% khối lượng;

OXP- bơm hướng trục hai cấp nằm ngang để bơm các chất lỏng có hoạt tính hóa học ở nhiệt độ nhỏ hơn 135°C có chứa các hạt rắn với nồng độ nhỏ hơn 0,1% khối lượng;

AX-T bơm ly tâm một cấp để bơm các chất lỏng có hoạt tính hóa học đặc biệt, có chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 1 mm, nồng độ nhỏ hơn 4% khối lượng;

XM-T- bơm ly tâm một cấp để bơm các chất lỏng có hoạt tính hóa học có chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 0,2mm, nồng độ nhỏ hơn 0,2% khối lượng;

ΠXΠ- bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm các chất lỏng có hoạt tính hóa học có chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 1 mm, nồng độ 40 - 50% khối lượng, khối lượng riêng của huyền phù nhỏ hơn 1800 kg/m^3;

ЦГ - bơm ly tâm một cấp để bơm các chất lỏng có hoạt tính hóa học, độc, dễ nổ, các khí đã hóa lỏng với độ nhớt nhỏ hơn $40.10^{-6} m^2/s$ có chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 0,2mm, nồng độ nhỏ hơn 0,2% khối lượng, khối lượng riêng của huyền phù nhỏ hơn 1600 kg/m^3;

OXГ bơm hướng trục nằm ngang để bơm các chất lỏng có hoạt tính hóa học có chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 0,5 mm, nồng độ nhỏ hơn 25% khối lượng;

XM- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm các chất lỏng có hoạt tính không độc ở nhiệt độ −40 ÷ +80°C;

XB- bơm ly tâm thẳng đứng để bơm chất lỏng có hoạt tính hóa học có chứa các hạt rắn với nồng độ nhỏ h ơn 3% khối lượng.

Bảng II.40. **Bơm dùng trong công nghiệp dầu mỏ và hóa dầu**

Loại bơm	Các thông số					Vật liệu			
	Năng suất, m^3/h	Áp suất toàn phần, m	Số vòng quay vg/ph	Nhiệt độ chất lỏng, ^oC	Chiều cao hút, m	Vỏ ngoài	Vỏ trong	Bánh guồng	Trục
HM	1250 - 12500	210 - 260	3000	-5 ÷ 80	20 - 65	Thép 25Л		Thép 25Л	
HMП	2500 - 5000	74 - 115	1000	-5 ÷ +80	3 - 3,5	СЧ21		20X13Л	Thép 40X
HПВ	1250 - 5000	60 - 120	1500	-50 ÷ +40	2 - 2,5	СЧ21		20X13Л	Thép 30X13
$HM_{B.O}$	2500	750	6000	-5 ÷ +80	(90)	Thép СТ3		20X13Л	Thép 40XФA
HM360HM500	360, 500	460, 300	2970	< 40	2,6	Thép 25Л		20X13Л	Thép 40X
HK200/120	200/120	210	2950	-30 ÷ +400	5	Thép 25Л		20X5MЛ	Thép 30X13
HT200/120	60 - 240	214 - 430	2950	200 ÷ 400	3-6	20X5MЛ		20X5MЛ	Thép 30X13
HПС	40 - 240	245 - 850	2950	-30 ÷ +200	2-6,5	20X5MЛ		20X13Л	-
ЦН 60 - 320	60	(32)	10700	< 40	(30)	Thép 25Л	Thép 25Л	20X13Л	Thép 40XФA
ЗЦН	16 - 20	445 - 1580	2750 - 2870	-	-	Thép 30	Thép 20X13Л	Gang	Thép 40
ЦНС 180	180	950 - 1900	3000	< 50	6	Thép 30	Gang Thép 20X13	20X13Л	Thép 40XФA

Chú thích:

HM- bơm ly tâm một cấp và nhiều cấp nằm ngang để bơm dầu thô trên ống dẫn dầu;
HMП- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm dầu mỏ và các sản phẩm dầu mỏ có độ nhớt nhỏ hơn $3.10^{-6}m^2/s$ có chứa tạp chất rắn nồng độ nhỏ hơn 0,05% thể tích;
HПВ- bơm ly tâm một cấp thẳng đứng để bơm dầu mỏ nhiệt độ $-5 \div +80^oC$, độ nhớt $(100 - 10).10^{-6}m^2/s$, khối lượng riêng 830 - 900 kg/m^3;
$HM_{B.O}$- bơm ly tâm một cấp nằm ngang để bơm dầu theo đường ống;
HK- bơm ly tâm hai cấp nằm ngang để bơm dầu và các sản phẩm dầu mỏ có các tạp chất rắn với kích thước nhỏ hơn 0,2 mm, nồng độ nhỏ hơn 0,2% khối lượng;
HT- bơm ly tâm nhiều cấp nằm ngang để bơm dầu, sản phẩm dầu mỏ, dầu nhờn, khi hóa lỏng có chứa các hạt rắn có kích thước nhỏ hơn 0,2 mm, nồng độ nhỏ hơn 0,2% khối lượng;
HПС- bơm ly tâm nhiều cấp nằm ngang để bơm khi hóa lỏng, các sản phẩm dầu mỏ có chứa tạp chất rắn với kích thước nhỏ hơn 0,2 mm và nồng độ nhỏ hơn 0,2% khối lượng;
ЦН- bơm ly tâm;
ЗЦН- bơm ly tâm nhiều cấp thẳng đứng để bơm chất lỏng bôi trơn các mũi khoan dầu;
ЦНС- bơm ly tâm nhiều cấp nằm ngang để bơm chất lỏng bôi trơn các mũi khoan dầu.

Bảng II.41. **Bơm pittông truyền động bằng hơi loại thẳng đứng**

Loại bơm	Chất lỏng cần bơm	Năng suất, m^3/h	Áp suất đẩy, at	Áp suất hơi vào, at	Áp suất hơi ra, at	Hơi	Số chu kỳ pittông ph^{-1}	Số xilanh	Đường kính xilanh, mm: hơi	Đường kính xilanh, mm: lỏng chất	Khoảng chạy của pittông, mm	Đường kính của ống dẫn, mm: Hơi hút	Hơi đẩy	Chất lỏng hút	Chất lỏng đẩy	Kích thước bơm, mm: dài	rộng	cao	Khối lượng, kg
Б/H	Dầu mazut, dầu nhờn và chất lỏng bẩn	7,5	5	6-7	1	Bão hòa, quá nhiệt	30	1	150	160	220	32	40	90	90	1200	864	1705	1100
180x125x300 ПНП-10/50M	Nước cấp cho nồi hơi Nước ngọt, nước muối ở nhiệt độ < 100°C	10 10	17 33,5	14 22	1 2	Bão hòa Bão hòa, quá nhiệt	35 80	1 2	180 115	125 80	300 130	25 25	40 32	60 70	50 50	800 520	700 450	1852 1280	490 370
46ГМ	Nước sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C và độ nhớt 825 St	10 5,5-14	50 20	34 16	2 <3	Bão hòa "	25-60	2	150	100	150	25	40	70	70	604	550	1305	375
ПНП-3M	Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C	5,5-14	20	11	2	Bão hòa, quá nhiệt	30-60	2	180	100	150	32	40	80	60	620	475	1240	370
ПНП-13M ПНВО22/220	" Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C	15 5-22	33,5 22	22 13	2 1	" "	30 10-31	1 1	230 290	150 175	300 300	32 40	40 50	70 80	60 70	520 840	540 990	1700 1800	560 710
ПНП-11M	Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C độ nhớt 825 St	10-25	4	11	2	"	30-60	2	115	130	140	25	32	100	80	640	465	1240	400
ПНП–1M ПНВ-25/200	" Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C	25 10-25	20 20	11 14	2 2	" "	60 25-60	2 2	230 200	130 130	150 150	40 32	50 40	100 80	80 70	780 565	560 710	1425 1325	63[illegible] 460
ПНП-15M	Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C và độ nhớt 825 St	25	38	22	2	"	60	1	210	130	150	32	40	100	80	780	560	1405	680
ВИР180x180x300 ПНВО 40/220	Nước biển, sản phẩm dầu mỏ Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu có nhiệt độ < 100°C	30-35 40	5 22	14 14	1 2,5	Bão hòa	35 20	1 1	180 320	180 200	300 600	25 40	40 50	85 100	78 80	850 930	800 1000	1870 2860	515 1200
ПНВ - 53/80 ПНП-2M	Nước Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C và độ nhớt 825St-xăng	22-53 53	8 8	11 11	1,5 2	Bão hòa quá nhiệt	23-55 50	2 2	200 210	175 175	200 200	32 40	40 50	125 125	90 100	650 790	830 535	1620 1530	650 700
ПНП-125/8 ПНП-250	" "	125 250	8 10	11 11	2 2	" "	55 38	2 2	280 440	220 330	280 350	60 80	80 80	175 250	150 200	820 1300	690 1000	1975 2480	1400 3600

Bảng II.42. Bơm pittông truyền động bằng hơi, loại nằm ngang

Loại bơm	Chất lỏng cần bơm	Năng suất, m^3/h	Áp suất đẩy, at	Áp suất hơi vào, at	Áp suất hơi ra, at	Hơi	Số chu kỳ pittông ph^{-1}	Số xilanh	Đường kính xilanh, mm: hơi	Đường kính xilanh, mm: lỏng chất	Khoảng chạy của pittông, mm	Đường kính của ống dẫn, mm: Hơi hút	Hơi đẩy	Chất lỏng hút	Chất lỏng đẩy	Kích thước bơm, mm: dài	rộng	cao	Khối lượng, kg
НПС - 1	Nước, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 60°C	1	120	12	4		20	1	220	50	250	32	38	38	32	2585	415	995	510
П - 49-9	Nước cấp cho nồi hơi	1,2 – 1,9	13	10	2	Bão hòa	40 – 60	2	76	52	70	13	13	32	25	728	216	400	56
ННП - 12М	Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C và độ nhớt 825 St	0,9 – 2	20	11	2	"	60 – 120	2	75	42	75	20	25	40	32	808	400	380	135
ПНГ - 5/200	Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C	2,3 – 5,8	20	14	-	"	32 – 80	-	150	70	100	20	20	-	-	908	320	440	186
ННП - 5Н	Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiều độ < 100°C và độ nhớt 825 St	3	7,4	5	0,5	Bão hòa, quá nhiệt	45	2	115	70	95	20	25	50	40	1010	495	465	225
ННН - 4	"	2,1 – 6	4	11	2	"	45 – 110	2	65	70	75	20	25	40	32	808	400	380	132
СЈНМ	Mazut, gazoil có nhiệt độ < 270°C	3 – 7,5	20 – 40	12	0,2	Quá nhiệt < 250°C	10 – 25	1	290	125	260	40	50	90	50	230	460	925	918
НВ - 2	Nước cấp cho nồi hơi, các chất lỏng khác có nhiệt độ < 100°C	10	12	10	0,5	Quá nhiệt < 250°C	165	2	130	76	127	19	32	64	50	1945	690	890	1022
4А(В - 2)	Nước, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C	7 – 14	12	8	0,5	"	75 – 150	2	135	90	125	18	32	63	50	1070	410	570	235
НН - 15	Nước, các chất lỏng trung tính khác có nhiệt độ < 100°C	15	12	8	-	Bão hòa	60	2	135	90	140	20	35	50	50	1070	410	741	255
МНН - 4М	Sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 200°C	25	20	5	1,2	Bão hòa, quá nhiệt	25	2	355	150	305	70	76	154	104	2273	866	1160	2544
ННН - 3	Sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 220°C	13 – 25	20 40	12	0,5	Bão hòa	17 – 34	2	190	130	250	40	50	100	75	1945	690	890	1037
ННС	Nước, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 220°C	14 – 28	12	12	3	"	15 – 30	1	370	160	450	50	65	150	100	2760	655	1060	1675
В - 3	Nước, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C	15 – 30	12	10	-	Bão hòa	32 – 75	2	200	130	150	38	50	100	76	1360	515	650	620
НН - 30	Nước, các chất lỏng trung tính khác có nhiệt độ < 100°C	30	25	8	-	"	60	2	180	120	200	32	50	70	70	1462	516	787	482
ICP	Sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 400°C	28 – 56	25	12	4	"	16 – 32	1	450	220	450	70	75	150	100	3295	930	1330	2825
ННПС	Sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 400°C	56 – 112	8	12	4	"	16 – 32	2	450	220	450	100	125	200	150	3430	1665	1465	5600
ННГ - 140/80	Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C	55 – 138	14	12	2,5		22 – 55	2	280	250	250	50	70	200	150	2000	1000	1200	1550
К - 500	Sản phẩm dầu mỏ có nhiệt độ < 100°C	500		8	0,2	Bão hòa	32	2	530/820	400	580	130	200	350	300	6640	2320	2365	20410

Bảng II.43. **Bơm pittông thẳng đứng**

Nhãn hiệu bơm	Chất lỏng cần bơm	Năng suất, m^3/h	Áp suất đẩy, at	Số vòng quay, vg/ph	Công suất, kW	Đường kính xilanh, mm	Khoảng chạy của pittông, mm	Số xilanh	Đường kính trong của ống, mm		Kích thước, mm			Khối lượng, kg
									vào	ra	dài	rộng	cao	
M - 193	Sữa vôi, sirô	0,45–0,9	4	62,5	1	55	85	1	35	35	700	602	1205	210
CH1	Sữa tinh bột	2,4	2	50	0,65	100	126	1	51	51	580	496	1027	188
CH3	"	7,8	2	45	1,31	150	200	1	78	78	827	678	1310	388
CH4	"	10,8	2	45	1,65 2,3	170	200	1	100	100	947	850	1515	533
CH5	"	15,6	2	45	46,5	200	250	1	114	114	1030	1004	1706	816
T - 3/250	Nước ở nhiệt độ < 95°C	3	250	500	7	-	-	-	32	22	1828	960	1360	650
BJI-3A	Nước	4,5–5,8	10	40	3,43 4,5	100	270/340	1	75	75	1100	690	1180	642
HII - 10/10*1	Sữa vôi	9,8	83	60	7,3 29,4	120	150	2	70	70	1015	805	1385	765
AHB - 120	"	9,8/16,3	8/5	60		10	150/250	2	70	70	1050	760	1417	895
TII - 10/150*1	Nước biển	10	15,6	170	14 – 16,5	68	80	2	60	50	700	546	1440	380
TII - 20/250	Nước ngọt, nước biển ở nhiệt độ < 30°C	20	25	203	5,5	80	100	2	80	70	820	800	1800	1146
TII 18	Nước biển	18–21	10,5	117–140		105	100	2	70	70	630	690	1770	600
3HII - 4	Nước ngọt, nước muối, sản phẩm dầu mỏ ở nhiệt độ < 100°C	28	3	111	20-30	100	150	2	90	20	920	550	1500	775
3HII - 7	Nước ở nhiệt độ < 30°C, sản phẩm dầu mỏ nhẹ và nặng có độ nhớt < 825 St	55–78	5–10	71	20 79	180	200	2	175	150	1765	910	1700	192
IIII 1 - 30	Nước ngọt bẩn	30	18	161		120	110	3	90	75	2150	830	1090	848
IB	Dung dịch ximăng	60	20	170		125	170	3	100	50	810	715	1260	860

Bảng II.44. **Bơm pittông nằm ngang**

Nhãn hiệu bơm	Chất lỏng cần bơm	Năng suất, m^3/h	Áp suất đẩy, at	Số vòng quay, vg/ph	Công suất, kW	Đường kính xilanh, mm	Khoảng chạy của pittông, mm	Số xilanh	Đường kính trong của ống, mm		Kích thước, mm			Khối lượng, kg
									vào	ra	dài	rộng	cao	
ПС - 4В	Các chất lỏng	0–0,33	6	180	–0,6	30	50	1	24	15	636	195	268	47
П- 0,7/100*1	Nước ở nhiệt độ < 50°C	0,7	100	200	7			3	12	12	500	175	200	209
C - 251,263	Dung dịch ximăng và các dung dịch trong xây dựng	1–3	10–15	86–165	1,7–2,8	80	74–86	1	50	50	1160	470	760	198
C - 317	"	6	15											
XT - 4/20	Hiđrocacbon lỏng	3,25	20	138	4,5	110	120	1	75	75	1200	560	1000	450
ПР - 5/6*1	Sữa vôi, dung dịch đất sét			260	5,5	40	60	3	32	25	800	–615	385	265
	và các dung dịch tương tự	0–5	6	200	2,8	60	55	2	50	40	1170	890	870	500
K - 18	Nước và dung dịch tinh bột	6	3	50	3,9	100	150	1	50	50	1150	570	745	215
ТГ - 8/20	Nhựa có nhiệt độ từ 70 đến 250°C	5–7,5	20	220–330	7	55	60	3	50	32	945	745	750	400
XT - 12/9*1	H_2SO_4 nồng độ 30 - 35%, t° = 40°C	12	9	262	8	60	100	3	50	32	1100	610	430	450
9T	Dung dịch ximăng và đất sét	8,3–82,3	400–40	27–125	237	90–127	250	2	100	50	2385	920	2318	2890
9МГр	Dung dịch đất sét trong công nghiệp khoan dầu	13,1–60	160–35	55–90	131,6	80–127	250	2	100	50	2630	1040	1630	2760
XT-12/43*1	Etyl sunfat ở nhiệt độ 85 - 90°C	12	43	200	8	60	125	3	50	32	1330	790	495	700
T - 15/20	Nhựa nóng và cát ở nhiệt độ 60 - 250°C	7,5–15	20	75–150	15	82	120	3	100	76	1760	1000	1288	1500
T - 25/340	Dung dịch amoniac ở nhiệt độ 25°C	25	340	-	440	-	-	3	-	-	3960	2660	1700	14500
HT - 45*1	Sản phẩm dầu mỏ	92–162	60	75	579	145	450	3	305	200	4640	3610	3580	26800

Bảng II.45. **Bơm trục vít**

Nhãn hiệu bơm	Năng suất, m^3/h	Áp suất đẩy, at	Số vòng quay, vg/ph	Công suất động cơ điện, kW	Đường kính trong các ống, mm		Số vít	Kích thước, mm			Khối lượng, kg
					vào	ra		dài	rộng	cao	
BC - 25*1	1	3	1420	1,7	-	-	-	1904	296	502	172
HBB - 1,4M	1,2 - 1,5	100	2600	7,3	35	20	3	535	450	1300	297
HBB - 1,4M/1	1,8 - 2,2	40	2900	8	35	20	3	565	450	1200	242
BB - 2,4*1	2,7 - 3	100	3400	25	32	25	-	765	642	1550	600
XB - 22/30	2 - 4	30	2945	8	40	25	3	600	600	1640	370
3HH - 6	6/2	40,5	1500/500	188,5	70	40	-	660	574	1550	675
3MHC - 10/1	10	25	2935	14	40	25	3	290	290	600	81
3MH - 10/1	12	10	2900	6	70	50	3	464	342	1005	60
BH - 18 x 30	18	3	1460	2,7	50	50	1	1340	400	483	68
3MH - 3/1*	50	4	1560	14,25	150	125	3	535	495	1320	154
3MH - 5/1*1	90	4	1460	20	200	160	3	550	615	1390	193
3MH - II/1*1	45	8	1460	20	150	125	3	615	580	1380	154
BC 100	95	25	1500	73,6	200	150	3	891	485	590	340

Bảng II.46. **Bơm răng khía**

Nhãn hiệu bơm	Năng suất, m^3/h	Áp suất đẩy, at	Số vòng quay, vg/ph	Công suất động cơ điện, kW	Đường kính trong của ống, mm		Số bánh răng	Kích thước, mm			Khối lượng, kg
					vào	ra		dài	rộng	cao	
A3P - 0,8*2	0,8	2,5	1410	1,0	17	17	2	650	240	265	51
A3P - 25/5*1	2,5	5,0	960	1,7	28	28		330	165	180	22
A3Л - 5/10	4	10	720	3,3	55	55	2	425	300	288	95
A3Л - 10/12*1	10	10	1460	7,3	55	55	2	425	300	288	95
HШБ - 50 HШЧ- 50	14	5	290	5,5	50	50	2	507	410	460	55
P3 - 30	18	3,6	1000	4,5	70	70	2	345	320	320	48
Д - 171	30,6	2	300	4,5	90	75	2	410	390	415	110
P3 - 60	38	2,8	990	10,5	100	100	2	386	370	367	92,6
3HH - 60/20*1	60	2	730	15,5	150	125	-	650	650	1375	610

VII. VẬN CHUYỂN VÀ NÉN KHÍ

A. QUẠT LY TÂM

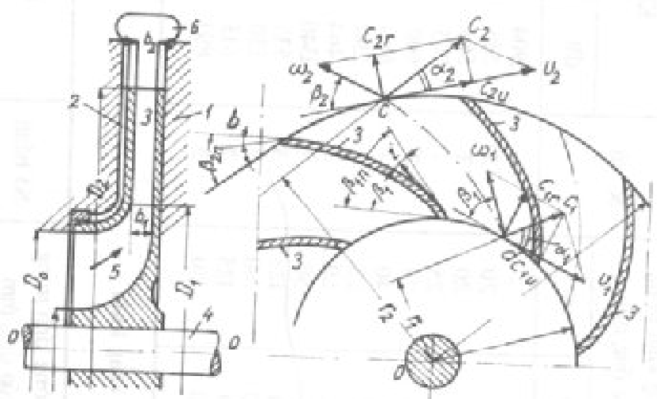
§1. Những đặc trưng của quạt

132. Trong công nghiệp hóa chất, quạt ly tâm được sử dụng rất rộng rãi. Trong các hệ thống thông gió, lò sưởi không khí, quạt được sử dụng để vận chuyển không khí và các khí không ăn mòn khác ở nhiệt độ không cao hơn 180°C và không chứa những chất nhờn, bụi và các tạp chất rắn khác với hàm lượng lớn hơn 150 mg/m^3.

Áp suất toàn phần không lớn hơn 15000 N/m^2.

133. Hệ số quay nhanh n_q của quạt là số vòng quay của quạt lúc đạt được hiệu suất cực đại ứng với lưu lượng là 1m^3/s khi tạo ra áp suất bằng 30 mm H_2O.

Hệ số quay nhanh của quạt làm việc ở chế độ thích hợp được xác định theo công thức sau:



Hình II.34. Sơ đồ tốc độ:
1- vỏ; 2- bánh guồng; 3- cánh quạt; 4- trục; 5- cửa vào; 6- cửa ra

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{(p_o/g)^3}} = 53\,\frac{Q^{1/2}.\omega}{\sqrt[4]{p_o^3}}\,; \qquad \text{(II.200)}$$

trong đó Q - năng suất của quạt, m^3/s; n- số vòng quay trong 1 ph; ω- tốc độ góc, rad/s; p_o - áp suất do quạt tạo nên ở điều kiện tiêu chuẩn (nhiệt độ 20°C, áp suất 760 mmHg, nghĩa là khi khối lượng riêng của không khí ρ = 1,2 kg/m^3), N/m^2; g- gia tốc trọng trường, m/s^2

134. Tỉ lệ giữa tốc độ tiếp tuyến tuyệt đối với tốc độ vòng ở đầu ra gọi là hệ số xoắn đầu ra μ_2

$$\mu_2 = \frac{C_{2u}}{u_2}$$

Đại lượng không thứ nguyên $\bar{p} = p/(\rho u_2^2)$ trong lý thuyết về quạt gió gọi là *hệ số áp suất toàn phần.*

Đối với ba loại guồng được sử dụng trong quạt, các hệ số μ_2, η_T và $\bar{p}$ có giá trị như sau:

Khi $\beta_2 > 90°$; μ_2 = 1,1 – 1,6; η_T = 0,6 – 0,75; $\bar{p}$ = 0,7 – 1,4

Khi $\beta_2 = 90°$; μ_2 = 0,85 – 0,95; η_T = 0,65 – 0,8; $\bar{p}$ = 0,6 – 0,7

Khi $\beta_2 < 90°$; μ_2 = 0,5 – 0,8; η_T = 0,7 – 0,9; $\bar{p}$ = 0,35 – 0,6.

ở đây η_T - hiệu suất thủy lực toàn phần.

135. Áp suất toàn phần do quạt tạo ra:

$$p = \eta_T \rho(u_2 C_{2u} - u_1 C_{1u}).$$

Thời điểm khi vào khe hở giữa các cánh guồng chưa có thành phần xoắn, do đó $C_{1u} = 0$, vậy:

$$p = \eta_T \rho \mu_2 u_2^2$$

$$p = \bar{p} \rho u_2^2; \qquad (II.201)$$

136. Viết phương trình Becnuli cho mặt cắt đầu và cuối của ống dẫn khí trong mạng lưới, ta thu được công thức tính áp suất toàn phần do quạt tạo ra như sau:

$$p = (p_2 - p_1) + \Delta p_h + \Delta p_d + \frac{w^2 \rho}{2} + (\rho_k - \rho) g.\ H; \qquad (II.202)$$

trong đó p- áp suất toàn phần do quạt tạo ra, N/m^2; p_1- áp suất dư trong không gian hút, N/m^2; p_2 - áp suất dư trong không gian đẩy, N/m^2; Δp_h và Δp_d- áp suất mất mát trong đường hút và đường đẩy, N/m^2; ρ- khối lượng riêng của chất khí cần vận chuyển, kg/m^3; ρ_k - khối lượng riêng của khí ở môi trường xung quanh, kg/m^3; w- tốc độ khí, m/s; H- chiều cao cần đưa khí lên, m.

Thành phần $(\rho_k - \rho)gH$ gọi là "tự hút" hay "hút", trị số này có thể âm hoặc dương.

Nếu $\rho_k > \rho$ và $H > 0$ thì "tự hút" dương và tăng cường thêm cho quá trình làm việc của quạt.

Nếu $\rho_k < \rho$ và $H > 0$ thì "tự hút" âm và cản trở quá trình làm việc của quạt.

Nếu $\rho_k = \rho$ thì "tự hút" không ảnh hưởng đến quá trình làm việc của quạt.

§2. Vấn đề khí động lực học của quạt

Để tính quạt ly tâm cũng như quạt hướng trục, ta cần biết năng suất Q, áp suất p, khối lượng riêng của khí ρ và tốc độ góc của bánh guồng ω.

Các bước tính:

137. Đường kính cửa vào quạt:

$$D_o = C\ \sqrt[3]{Q/\omega},\ m; \qquad (II.203)$$

trong đó Q - m^3/s; ω - rad/s; C - hệ số bằng 1,7 - 1,21.

138. Tốc độ dòng khí vào quạt bằng:

$$C_o = Q/(\pi\ D_o^2\ /\ 4),\ m/s. \qquad (II.204)$$

139. Đường kính đầu vào cánh guồng thường lấy $D_1 = D_o$.

140. Chiều rộng của bánh guồng tại mặt cắt cửa vào của khí được xác định như sau:

Từ điều kiện bảo toàn tốc độ ở chỗ ngoặt ($C_o = C_1$) và cho rằng bề mặt cắt của cửa vào bằng bề mặt hình trụ dẫn vào cánh guồng, ta có:

$$\pi D_o^2\ /\ 4 = \pi D_1 b_1.$$

vì $D_o = D_1$ nên $b_1^* = D_o/4$.

Thực tế chiều rộng của bánh guồng chọn lớn hơn:

$$b_1 = k(D_o/4) \text{ với } k > 1.$$

Khi cánh guồng cong ra phía sau $k = 1{,}05 \div 1{,}25$.

Khi cánh guồng cong ra phía trước $k = 1{,}2 \div 2{,}5$.

Hệ số k càng lớn khi tỉ số D_o/D càng lớn.

Guồng của quạt ly tâm thường được gia công với chiều rộng không đổi $b_1 = b_2 = b$ hoặc là $b_1 > b_2$.

Khi guồng có chiều rộng $b_1 > b_2$ thì tổn thất áp suất trên chỗ ngoặt giảm, hiệu suất cao hơn nhưng chế tạo cánh guồng phức tạp hơn.

141. Tốc độ khí vào trong bánh guồng:

$$U_1 = \omega r_1 = \omega(D_1/2). \tag{II.205}$$

142. Tốc độ tương đối ở đầu ra của cánh guồng:

$$w_1 = \sqrt{C_{1u}^2 + (u_1 - C_{1u})^2}$$

Khi trị số xoắn đầu vào $\mu_1 = 0$ ta có:

$$C_{1u} = 0;\ C_{1m} = C_1;$$

$$w_1 = \sqrt{C_1^2 + u_1^2}; \tag{II.206}$$

góc thích hợp đối với dòng khí đi qua guồng:

$$\beta_{1n} = 180^o - \arcsin\frac{C_1}{w_1}.$$

143. Góc đặt cánh guồng ở đầu vào của guồng:

$$\beta_1 = \beta_{1n} + \alpha; \tag{II.207}$$

trong đó α- góc tới, nghĩa là hiệu số giữa góc của dòng chảy đến và góc đặt cánh guồng trên đầu vào; thường $\alpha = 5 ... 15^o$.

Sau đó giả thiết đường kính ngoài của bánh guồng D_2, góc ra khỏi cánh guồng β_2, số cánh Z (sau này kiểm tra lại) và tiếp tục tính các thông số khác còn lại.

144. Tốc độ dòng của lưu thể ở chỗ ra khỏi guồng:

$$u_2 = \omega(D_2/2). \tag{II.208}$$

145. Tốc độ xoắn dòng ở đầu ra khỏi guồng không tính đến ảnh hưởng của số lượng cánh guồng bằng:

$$C_{2n} = U_2 + w_2\cos\beta_2; \tag{II.209}$$

(trong tính toán gần đúng đầu tiên có thể chọn $w_2 = w_1$).

"Tốc độ xoắn dòng khi tính đến ảnh hưởng của số lượng cánh guồng bằng:

$$C'_{2u} = (0,7 - 0,95)C_{1u}$$

146. Hệ số xoắn dòng khi ra khỏi bánh guồng:

$$\mu_2 = C_{2u}/u_2 \tag{II.210}$$

147. Áp suất lý thuyết của bánh guồng:

$$p_{LT} = \rho\mu_2u_2^2 - \rho\mu_1u_1^2; \tag{II.211}$$

thừa nhận $m_1^* = 0$ thì $p_{LT} = \rho\mu_2u_2^2$.

148. Sau khi xác định kích thước vỏ, ta tính tổn thất áp suất trong quạt.

Tổn thất áp suất khi dòng chảy giữa các cánh guồng phụ thuộc vào góc tới, vì vậy đối với loại có cánh cong ra phía sau tổn thất sẽ nhỏ hơn.

Tổn thất áp suất do va đập khi dòng khí ra khỏi cánh guồng có thể giảm bớt khi đặt những thiết bị định hướng, tổn thất này thường nhỏ hơn đối với loại có cánh cong ra phía sau.

Tổn thất áp suất trong vỏ phụ thuộc vào kích thước cũng như hình dạng của vỏ. Trong loại vỏ đúc có chiều rộng thay đổi thì tổn thất áp suất ít hơn so với loại vỏ hàn vuông góc chiều rộng không đổi.

Thường giá trị tổng tổn thất áp suất thủy lực trong quạt là:

$$\Sigma\Delta p = (0,1 \ldots 0,3)p_{LT};$$

trong đó $\Sigma\Delta p$ - tổng tổn thất áp suất; p_{LT} - áp suất lý thuyết.

Nếu áp suất p cần thiết không phù hợp với $(p_{LT} - \Sigma\Delta p)$ thì tiến hành tính lại, thay đổi các trị số thừa nhận ban đầu về thông số hình học của quạt D_2, β_2, Z (số cánh guồng).

149. Hiệu suất thủy lực của quạt:

$$\eta_T = (p_{LT} - \Sigma\Delta p)/p_{LT} = p/p_{LT} \qquad \text{(II.112)}$$

150. Công suất của quạt:

$$N_T = (Q_l p)/\eta_T, \text{ W}. \qquad \text{(II.213)}$$

151. Công suất tổn thất do sự rò khí qua khe hở được xác định theo công thức:

$$N_k = (Q_k p)/\eta_T, \text{ W}. \qquad \text{(II.214)}$$

Tùy theo trị số khe hở và áp suất, mà lưu lượng khí rò qua khe Q_k có giá trị khoảng:

$$Q_k = (0,01 \ldots 0,05)Q. \qquad \text{(II.215)}$$

152. Công suất tiêu tốn do ma sát của đĩa và bánh guồng với không khí (gọi là công suất không tải) có thể tính gần đúng theo công thức:

$$N_o = \beta_o \rho\omega D_2^5 / 4 \left(1 + 5\frac{b_2}{D_2}\right), \text{ W}; \qquad \text{(II.216)}$$

trong công thức này:

$\beta_o = (0,5 \ldots 1)10^{-6}$- đối với guồng đĩa trước có dạng hình nón;

$\beta_o = (1 \ldots 2)10^{-6}$- đối với guồng đĩa trước có dạng phẳng.

153. Công suất trên guồng, nghĩa là công suất tiêu tốn trên bánh guồng không kể tổn thất cơ khí trong ổ trục và truyền động:

$$N = N_T + N_k + N_o, \text{ W};$$

và hiệu suất:

$$\eta = (Qp)/N. \qquad \text{(II.217)}$$

Đối với quạt, hệ số quay nhanh nằm trong khoảng $n_q = 25 \ldots 55$, còn giá trị η chọn như sau:

- khi cánh guồng cong ra phía trước $\eta_{max} = 0,6 \ldots 0,65$
- khi cánh guồng ngắn có hướng đường kính $\eta_{max} = 0,65 \ldots 0,7$.
- khi cánh guồng cong ra phía sau $\eta_{max} = 0,8 \ldots 0,9$ và có thể lớn hơn.

Như vậy phương pháp tính toán quạt ly tâm như đã nêu ở trên còn dựa trên mẫu gần đúng với sự chuyển động của dòng. Trong đó không xét đến tính không cân đối của trường tốc độ và tính không đồng đều của công của rãnh guồng.

§3. Xác định các kích thước cơ bản của quạt ly tâm

154. Để tính các kích thước cơ bản của quạt ly tâm loại đơn giản, cần phải biết các số liệu sau: năng suất khí Q, m^3/s; áp suất cần thiết p, N/m^2 (ứng với $\rho = 1,2$ kg/m^3) và tốc độ góc ω, rad/s.

Căn cứ vào các số liệu trên, tính hệ số quay nhanh theo công thức (II.200).

Tính toán tiến hành theo những bước sau:

– đường kính cửa vào quạt D_o được xác định từ điều kiện đảm bảo tổn thất áp suất

nhỏ nhất trong bánh guồng:

$$D_o = 1{,}65\ \sqrt[3]{Q/\omega};\qquad (II.218)$$

– đường kính trong của bánh guồng $D_1 = D_o$;

– để xác định đường kính ngoài của bánh guồng, dựa vào các số liệu thí nghiệm về quạt ly tâm loại đơn giản (n_q = 20 ... 55) với chiều rộng của bánh guồng không đổi ($b_1 = b_2$) và các cánh guồng có mép đầu vào cong ra phía trước ($\beta_2 < 90^o$) có thể dùng công thức:

$$D_2 = D_o \frac{60}{n_q}\ ;\qquad (II.219)$$

– chiều rộng của vỏ xoáy ốc có mặt cắt vuông (để thuận tiện cho việc lắp ghép cửa ra của vỏ có mặt cắt vuông và diện tích của nó bằng diện tích cửa vào), bằng:

$$B^2 = \frac{\pi D_o^2}{4}$$

rút ra:

$$B = 0{,}885D_o;\qquad (II.220)$$

– xác định chiều rộng của guồng khi cánh guồng cong ra phía trước theo công thức:

$$b = (1{,}2 \div 2{,}5)\frac{D_o}{4} = (0{,}3 \div 0{,}6)D_o\ ;\qquad (II.221)$$

– trị số mở của vỏ:

$$A = D_2 n_q/90);\qquad (II.222)$$

thay $D_2 = D_o(60/n_q)$ vào công thức trên ta có $A = (2/3)D_o$.

Biết A có thể tính được a:

$$a = A/4.$$

do đó dễ dàng xây dựng được đường xoắn ốc.

– số cánh guồng của quạt có thể xác định theo công thức:

$$Z = \pi \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1}\qquad (II.223)$$

Sau đó qui tròn kết quả theo bội số của 4 và 6.

– với mục đích làm giảm mất mát thủy lực nên chọn góc vào của cánh guồng lớn hơn 90°

$$\beta_1 = 100 \div 140^o.$$

trị số nhỏ tương ứng với guồng của quạt có hệ số quay nhanh lớn.

Các kích thước cơ bản của quạt ly tâm đơn giản xác định theo những công thức trên hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu thực tế khi góc đặt cánh guồng trên cửa ra:

$$\beta_2 = 20 \div 45^o.$$

§4. Đặc tuyến của quạt và công thức chuyển đặc tuyến

155. Đặc tuyến của quạt biểu thị mối quan hệ giữa các thông số cơ bản trong quá trình làm việc của nó.

Đặc tuyến toàn phần của quạt khi tốc độ góc không đổi (ω = const) biểu diễn sự phụ thuộc giữa một bên là năng suất Q, và một bên là áp suất p, công suất N và hiệu suất η.

Quan trọng nhất là đường cong phụ thuộc giữa Q và p được gọi là đặc tuyến áp suất của quạt.

Các đặc tuyến này được xây dựng trên cơ sở các số liệu thực nghiệm.

– Khi D = const, ω = const, còn khối lượng riêng của khí ρ thay đổi, thì tốc độ vòng u cũng như tất cả các tốc độ khác đều không thay đổi. Năng suất thể tích của quạt cũng không thay đổi bởi vì nó được xác định bằng tích của tốc độ với mặt cắt ngang.

$$Q = Q_1 \text{ hay } Q/Q_1 = 1$$

Áp suất $p = \rho.\bar{p}.u_2^2$, tỉ lệ với khối lượng riêng, vậy:

$$\frac{p}{p_1} = \frac{\rho\bar{p}u_2^2}{\rho_1\bar{p}u_2^2} = \frac{\rho}{\rho_1} \tag{II.224}$$

Tỉ lệ công suất bằng:

$$\frac{N}{N_1} = \frac{Q.p}{1000\eta} : \frac{Q.p_1}{1000\eta} = \frac{p}{p_1} = \frac{\rho}{\rho_1}. \tag{II.225}$$

– Khi ω = const, ρ = const_2, nếu thay đổi tỉ lệ kích thước hình học sẽ làm thay đổi tỉ lệ cả tốc độ vòng vì:

$$u = \omega(D/2)$$

Nếu chế độ làm việc của quạt không thay đổi và tam giác tốc độ mới đồng dạng với tam giác tốc độ cũ thì tốc độ vào C_o cũng thay đổi một cách tương ứng, có nghĩa là:

$$D/D_1 = u/u_1 = C_o/C_{o1}. \tag{II.226}$$

Tỉ lệ lưu lượng:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{C_o\dfrac{\pi D^2}{4}}{C_{o1}\dfrac{\pi D_1^2}{4}} = \left(\frac{D}{D_1}\right)^3 \tag{II.227}$$

Tỉ lệ áp suất (khi không thay đổi hệ số áp suất $\bar{p}$):

$$\frac{p}{p_1} = \frac{\rho\bar{p}u^2}{\rho\bar{p}u_1^2} = \left(\frac{u}{u_1}\right)^2 = \left(\frac{D}{D_1}\right)^2. \tag{II.228}$$

Tỉ lệ công suất:

$$\frac{N}{N_1} = \frac{\dfrac{Q.p}{1000\eta}}{\dfrac{Q_1 p_1}{1000\eta}} = \frac{Q}{Q_1}.\frac{p}{p_1} = \left(\frac{D}{D_1}\right)^5. \tag{II.229}$$

Khi D = const, ρ = const, nếu thay đổi tốc độ góc thì tốc độ vòng cũng thay đổi. Khi giữ nguyên chế độ làm việc của quạt, tốc độ vào C_o cũng thay đổi. Ta có:

– tỉ lệ của năng suất:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{C_o}{C_{o1}} = \left(-\frac{\omega}{\omega_1}\right)^1; \tag{II.230}$$

– tỉ lệ áp suất:

$$\frac{p}{p_1} = \frac{\rho\bar{p}u^2}{\rho\bar{p}u_1^2{}_1} = \left(\frac{u}{u_1}\right)^2 = \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2; \tag{II.231}$$

– tỉ lệ công suất:

$$\frac{N}{N_1} = \frac{Q}{Q_1} \cdot \frac{p}{p_1} = \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^3 \qquad (II.232)$$

– Khi đồng thời thay đổi ρ, Q và ω, công thức chuyển đặc tuyến chung là:

$$Q/Q_1 = (n/n_1)^1.(D/D_1)^3.(\rho/\rho_1)^o; \qquad (II.233)$$

$$p/p_1 = (n/n_1)^2.(D/D_1)^2/(\rho/\rho_1)^1; \qquad (II.234)$$

$$N/N_1 = (n/n_1)^3.(D/D_1)^3.(\rho/\rho_1)^1. \qquad (II.235)$$

Các công thức (II.233) (II.234) (II.235) chỉ đúng khi $\bar{p}$ = const,ρ và η = const.

Từ các công thức trên, ta dễ dàng thấy rằng hệ số quay nhanh của quạt không phụ thuộc vào sự thay đổi D và ω cũng như ρ:

$$n_q = 53\,\frac{Q^{1/2}\omega}{p^{3/4}} = 53\,\frac{\left[Q\left(\frac{D_1}{D}\right)^3\frac{\omega_1}{\omega}\right]^{1/2}\omega\frac{\omega_1}{\omega}}{\left[p\left(\frac{D_1}{D}\right)^2\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^2\right]^{3/4}} =$$

$$= 53\,\frac{Q^{1/2}\left(\frac{D_1}{D}\right)^{3/2}\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^{3/2}\omega}{p^{3/2}\left(\frac{D_1}{D}\right)^{3/2}\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^{3/2}} = 53\,\frac{Q^{1/2}\omega}{p^{3/4}} \qquad (II.236)$$

Khi thay đổi ρ, D hay ω thì làm thay đổi trị số Re, đặc trưng cho dòng chuyển động bên trong quạt và ảnh hưởng đến mất mát thủy lực do ma sát. Khi dòng khí chuyển động xoáy trên bề mặt nhẵn, tăng Re có thể làm giảm một chút hệ số ma sát λ, do đó làm giảm mất mát thủy lực và tăng áp suất hữu ích, cũng vì vậy làm giảm công suất không tải và công suất chung, điều đó dẫn đến tăng hiệu suất của quạt.

Nhưng trong đa số trường hợp không tính được ảnh hưởng của Re lên đặc tuyến của quạt.

§5. Ký hiệu quạt

156. Theo tiêu chuẩn của Liên Xô (cũ) quạt ly tâm được phân loại và ký hiệu như sau:

a) Theo áp suất do quạt tạo ra:

– quạt áp suất ứng với áp suất toàn phần nhỏ hơn 981 N/m^2;

– quạt áp suất trung bình: 981 ÷ 2943 N/m^2;

– quạt áp suất cao: 2943 ÷ 11772 N/m^2.

b) Theo chiều quay của guồng:

– quạt quay phải là quạt có guồng quay theo chiều quay của kim đồng hồ nếu quan sát từ phía khí vào;

– quạt quay trái có guồng quay ngược chiều kim đồng hồ khi quan sát từ phía khí vào.

c) Theo số đầu hút:

– quạt hút một phía;

– quạt hút hai phía.

d) Theo hướng không khí đi ra khỏi quạt ly tâm phụ thuộc vào vị trí khác nhau của vỏ.

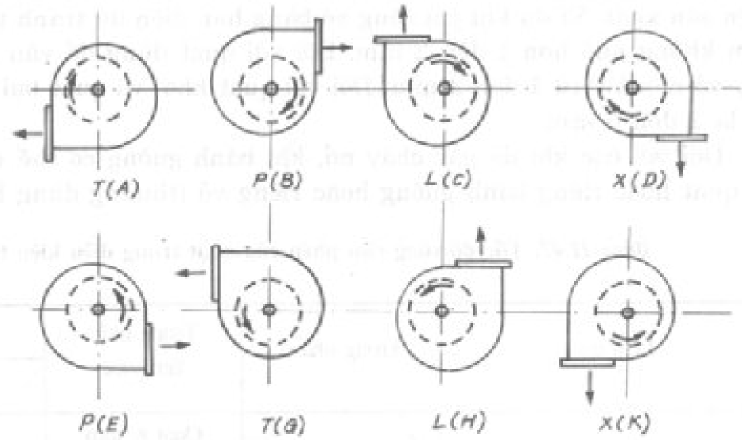
đ) Theo sơ đồ kết cấu thiết bị quạt, phụ thuộc vào phương pháp nối với động cơ điện và phương pháp lắp bánh guồng và bánh đai.

e) Theo hệ số quay nhanh:

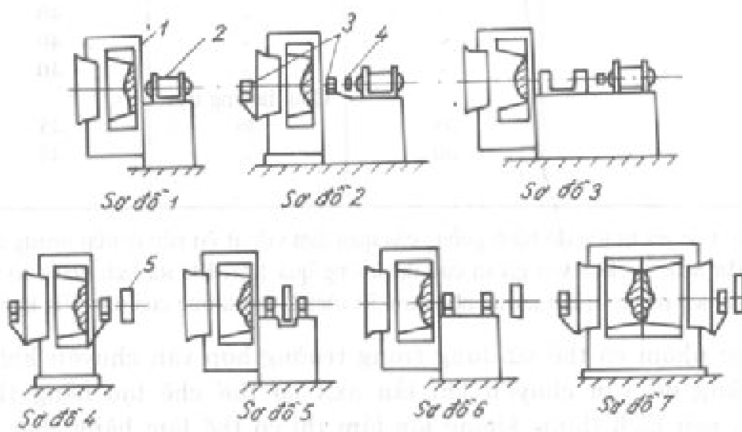
– hệ số quay nhanh thấp: $n_q < 25$;

– hệ số quay nhanh trung bình: $n_q = 25\text{-}50$;

– hệ số quay nhanh cao: $n_q > 50$ (nhỏ hơn 80).



Hình II.35. **Cách bố trí vỏ của quạt**



Hình II.36. **Sơ đồ kết cấu quạt:**

1- quạt; 2- động cơ; 3- ổ đỡ; 4- nối trục; 5- bánh đai

g) Theo mục đích sử dụng:

– quạt thổi khí: dùng trong điều kiện bình thường;

– quạt thông gió;

– quạt hút khói lò dùng trong điều kiện nhiệt độ cao.

157. Nhãn hiệu quạt thường ghi: nhóm quạt thuộc áp suất cao, trung bình hay thấp; hệ số áp suất nhân lên với mười và qui tròn đến hàng đơn vị: hệ số quay nhanh ở chế độ làm việc; số quạt (trị số của nó bằng đường kính của bánh guồng tính bằng dm), sơ đồ sử dụng và số qui chuẩn. Ví dụ, đối với quạt ly tâm áp suất thấp, hệ số áp suất $\bar{p}$ = 0,94, hệ số quay nhanh n_q = 55; số 5, nối trực tiếp với động cơ điện, quay phải, vận chuyển không khí lên trên, có thể viết: Quạt áp suất thấp Ц9-55, N°5, sử dụng phải, QCQG 5976-55.

Một số trường hợp dùng ký hiệu khác.

§6. Độ bền của quạt

158. Chiều dày của vỏ quạt phụ thuộc vào phương pháp gia công, kích thước và điều kiện sản xuất. Ví dụ khi gia công vỏ bằng hàn điện để tránh thủng thì chiều dày của thép tấm không nhỏ hơn 1 đến 2 mm. Đối với quạt dùng để vận chuyển không khí thì chiều dày vỏ nên lấy từ 1 đến 2 mm. Đối với quạt khói và quạt bụi thì chiều dày thích hợp của vỏ là 2 đến 5 mm.

Đối với các khí dễ gây cháy nổ, khi bánh guồng có thể cọ xát vào vỏ thì hoàn toàn bộ quạt hoặc riêng bánh guồng hoặc riêng vỏ (thường dùng hơn) được làm bằng nhôm.

Bảng II.47. **Tốc độ vòng cho phép của quạt trong điều kiện tương đối ít ồn (m/s)**

Loại quạt	Trong nhà ở	Trong nhà làm việc	Trong nhà công nghiệp	
			ít ồn(1)	ồn nhiều(2)
		Quạt ly tâm		
Ц 9-57 (ЦАГИ СТД57)	25	30	35	40
Ц9-55 (ЦВ-55)	25	30	35	40
ЭВР, ВР và ВРС	25	30	35	40
ВРН	30	35	40	45
ЦП7-40	-	-	40	55
Ц6-46	-	-	40	55
Ц6-45	-	-	40	55
		Quạt hướng trục		
МЦ	35	35	45	50
У-12	40	-	45	50

Chú thích: Các giá trị tốc độ bánh guồng của quạt làm việc ít ồn nêu ở trên tương ứng với chế độ đạt được hiệu suất cực đại hoặc sai lệch với giá trị cực đại không quá 10%. Khi sai lệch nhiều so với giá trị cực đại thì có thể tiếng ồn tăng lên nhiều: 1) âm lượng nhỏ hơn 50 fôn; 2) âm lượng của tiếng ồn không qui định.

Quạt bọc nhôm có thể sử dụng trong trường hợp vận chuyển khí bão hòa hơi axit:

Quạt dùng để vận chuyển khí lẫn axit có thể chế tạo bằng thép crôm hay thép crôm-niken; nếu kích thước không lớn lắm thì có thể làm bằng chất dẻo.

Để bảo vệ vỏ và guồng khỏi bị axit ăn mòn có thể bọc bằng những màng hay tấm ghép polyizobutilen hoặc cao su mềm.

159. Khi quạt làm việc thường xuất hiện ở trong quạt những tải trọng do lực ly tâm và do dòng xoáy gây nên. Tải trọng này trước tiên phụ thuộc vào tốc độ góc của bánh guồng và ở điều kiện nhất định nào đó nó có thể làm hỏng máy.

Thông thường nhà máy sản xuất quạt đã qui đổi trước tốc độ góc cho phép, nhưng giới hạn này còn phụ thuộc vào điều kiện sản xuất, ví dụ đối với quạt khói và quạt bụi luôn luôn sử dụng với hệ số dự trữ lớn.

Trong nhiều trường hợp tốc độ vòng bị hạn chế không phải do độ bền mà do điều kiện không được gây ồn nơi làm việc, giới hạn này thường nhỏ hơn giới hạn trên. Tốc độ vòng cho phép của quạt theo điều kiện tương đối ít ồn cho ở bảng II.47.

§7. Chỉ dẫn chọn quạt

160. Chế độ làm việc của quạt được xác định bằng những số liệu thành lập riêng cho từng loại. Trên trục tung của đồ thị đặt giá trị áp suất toàn phần H tính bằng mmH_2O,

còn trên trục hoành là giá trị năng suất Q tính bằng 1000 m^3/h (hoặc m^3/h).

Dựa vào giá trị Q và H đã cho theo đặc tuyến, ta xác định số vòng quay, hiệu suất của quạt và tốc độ vòng của bánh guồng. Dựa ra tốc độ vòng để đánh giá độ bền cơ học của quạt và tiếng ồn do cơ học và khí động học gây ra.

Theo năng suất đã cho, xác định được tốc độ trung bình ở cửa ra và cửa vào quạt (tính bằng m/s) và áp suất động học tương ứng của nó (tính bằng mmH_2O) ở trên thang song song với trục nằm ngang.

Khi xác định số quạt cần cố gắng sao cho giá trị áp suất và năng suất đã cho tương ứng với giá trị cực đại của hiệu suất.

Nên chọn quạt có giá trị hiệu suất không nhỏ hơn 0,9 hiệu suất cực đại.

Đặc tuyến để chọn quạt (trừ loại Д và В.Д) thành lập đối với không khí sạch ở điều kiện tiêu chuẩn, nghĩa là khi $t = 20°C$, $\rho = 1,2 kg/m^3$, áp suất 760 mmHg, và hàm ẩm tương đối của không khí $\varphi = 50\%$ (xem đặc tuyến quạt ở phần cuối chương II).

161. Khi chọn quạt và động cơ điện cần chú ý năng suất của quạt Q, m^3/h

a) đối với không khí sạch và ít bẩn cũng như khói, ở nhiệt độ thường, lấy $Q = Q_p$;

b) đối với hệ thống vận chuyển bằng khí lấy $Q = 1,1Q_p$ ở đây Q_p - thể tích không khí theo tính toán, m^3/h (ở điều kiện làm việc).

162. Áp suất toàn phần H (tính bằng N/m^2 hay mm cột nước);

a) Ở điều kiện tiêu chuẩn:

$$H = H_p; \qquad (II.237)$$

b) Ở điều kiện khác với điều kiện tiêu chuẩn (khi sử dụng đặc tuyến thành lập cho điều kiện tiêu chuẩn):

$$H = H_p \frac{273 + t}{293} \cdot \frac{760}{B} \cdot \frac{\rho_k}{\rho}; \qquad (II.238a)$$

trong đó H_p- trở lực tính toán của hệ thống, mmH_2O; t- nhiệt độ làm việc của khí, °C; B - áp suất tại chỗ đặt quạt, mm Hg; ρ- khối lượng riêng của khí ở điều kiện tiêu chuẩn, kg/m^3; ρ_k- khối lượng riêng của khí ở điều kiện làm việc, kg/m^3.

c) Đối với hệ thống vận chuyển bằng khí:

$$H = 1,1H_p(1 + ka); \qquad (II.238b)$$

trong đó k- hệ số, đối với bụi $k = 1$, đối với mùn cưa, vỏ bào gỗ, mạt thép $k = 1,4$, đối với bông $k = 1,5 ... 2,5$; a- nồng độ khối lượng tương đối của hỗn hợp, kg bụi/kg khí sạch.

163. Công suất trên trục động cơ điện

a) khi vận chuyển không khí sạch ở điều kiện tiêu chuẩn:

$$N = \frac{QHg\rho}{1000\eta_q\eta_{tr}}, \text{ kW}; \qquad (II.239a)$$

trong đó Q- năng suất, m^3/s; η_q - hiệu suất quạt, lấy theo đặc tuyến; η_{tr} - hiệu suất truyền động giá trị của nó như sau:

lắp trực tiếp với trục động cơ điện:

$$\eta_{tr} = 1;$$

nối trục của quạt với trục của động cơ bằng khớp trục:

$$\eta_{tr} = 0,98;$$

truyền động qua bánh đai $\eta_{tr} = 0,95$;

truyền động bằng bánh ma sát $\eta_{tr} = 0,9$.

b) khi vận chuyển không khí ở nhiệt độ cao, hay khói lò:

$$N = \frac{QH_p \rho g}{1000\eta_q \eta_{tr}}, \text{ kW}; \qquad \text{(II.239b)}$$

c) khi vận chuyển không khí có lẫn hạt rắn:

$$N = \frac{1{,}2QH\rho g}{1000\eta_q \eta_{tr}}, \text{ kW}, \qquad \text{(II.239c)}$$

164. Công suất thiết lập đối với động cơ điện:

$$N_{dc} = k_3.N, \text{ kW}; \qquad \text{(II.240)}$$

trong đó N_{dc} - công suất động cơ; k_3 - hệ số dự trữ, cho ở bảng II.48.

Bảng II.48. **Giá trị hệ số dự trữ k_3**

Công suất trên trục động cơ điện, kW	Hệ số dự trữ công suất k_3	
	đối với quạt ly tâm	đối với quạt hướng trục
≤ 0,5	1,5	1,2
0,51 ÷ ≤ 1,0	1,3	1,15
1,01 ÷ ≤ 2	1,2	1,1
2,01 ÷ ≤ 5	1,15	1,05
> 5	1,1	1,05

Khi dùng động cơ điện loại A3-9 để vận chuyển không khí ở nhiệt độ cao hơn 35°C thì nhân công suất thiết lập với hệ số:

ở nhiệt độ 39 - 40°C nhân với hệ số 1,1;

ở nhiệt độ 41 - 45°C nhân với hệ số 1,2;

ở nhiệt độ 46 - 50°C nhân với hệ số 1,25.

B. MÁY NÉN

§1. Phân loại máy nén. Cách xác định công và công suất

165. Phân loại

Theo phương pháp tác dụng, chia ra:

– máy nén pittông trong đó khí được nén trong buồng kín;

– máy nén hướng trục - do cánh cong tác dụng lên khí, tạo cho khí áp suất và tốc độ;

– máy nén ly tâm: khác với máy nén hướng trục, khí trong bánh guồng chuyển động theo phương hướng tâm dưới tác dụng của lực ly tâm;

– máy nén rôto - trong đó khí được nén do các tấm trượt quay tạo thành những khoảng không gian kín có thể tích thay đổi.

Theo áp suất chia ra:

– áp suất thấp: từ 2 đến 10 at;

– áp suất trung bình: từ 10 đến 100 at;

– áp suất cao: từ 100 at trở lên.

Theo số cấp chia ra máy nén một cấp, hai cấp và ba cấp...

166. Độ nén ε là tỉ số giữa áp suất cuối p_2 và áp suất đầu p_1 của quá trình nén:

$$\varepsilon = p_2/p_1 \qquad \text{(II.241)}$$

167. Công của máy nén:

Nén một cấp

– Công nén đẳng nhiệt 1 kg khí từ áp suất p_1 đến áp suất p_2:

$$L_{đn} = p_1 v_1 \ln\frac{p_2}{p_1} \quad, \text{J/kg}; \qquad \text{(II.242)}$$

trong đó $L_{đn}$- công nén đẳng nhiệt, J/kg; v_1- thể tích riêng của khí trước khi nén, m^3/kg.

– Công nén đẳng entrôpi (đoạn nhiệt) 1 kg khí từ áp suất p_1 đến p_2 :

$$L_{đa} = \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k} - 1 \right] =$$

$$= \frac{k}{k-1} RT_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k} - 1 \right]; \qquad \text{(II.243a)}$$

hay là
$$L_{đa} = i_2 - i_1; \qquad \text{(II.243b)}$$

trong đó $L_{đa}$- công nén đẳng entrôpi, J/kg; k- chỉ số đoạn nhiệt, $k = C_p/C_v$; i_1, i_2 - hàm nhiệt của khí ở trạng thái đầu và cuối, J/kg; T_1- nhiệt độ đầu của khí.

– Công nén đa biến cũng tính theo công thức (II.243a) nhưng thay chỉ số đoạn nhiệt k bằng chỉ số đa biến m. Giá trị m phụ thuộc vào điều kiện làm lạnh, thường lấy m = 1,2 ... 1,62.

Công thức (II.242) và (II.243) chỉ là gần đúng khi coi tốc độ dòng khí trước khi nén và sau khi nén bằng nhau.

– Công lý thuyết cần thiết để nén một cấp 1 m^3 không khí từ áp suất tuyệt đối ban đầu p_1 = 1 at đến áp suất p_2 tính theo các công thức (II.242) và (II.243) cho ở bảng II.49.

Nén nhiều cấp

Công nén nhiều cấp bằng tổng công nén của từng cấp. Khi công nén khí của các cấp bằng nhau thì công của quá trình bằng tích của số cấp và công nén một cấp. Ví dụ công nén đoạn nhiệt của máy nén hai cấp:

$$L_{đa} = Z p_1 v_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/kZ} - 1 \right] =$$

$$= ZRT_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/kZ} - 1 \right]; \ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \qquad \text{(II.244a)}$$

trong đó Z - số cấp nén.

Bảng II.49. **Công cần thiết để nén một cấp 1 m^3 không khí từ áp suất tuyệt đối p_1 = 1 at đến áp suất p_2**

Công cơ học (lý thuyết), kJ/m^3	Áp suất cuối tuyệt đối p_2, at									
	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Công đẳng nhiệt	40	65	108	136	158	175	186	204	216	226
Công đoạn nhiệt(1)	45 42 56	73 68,6 86	117 126 131	151 168 166	171 200 195	225 230 234	235 256 243	245 281 264	263 301 282	279 321 300

Chú thích: 1) số ghi ở trên là nhiệt độ cuối của khí nén khi nhiệt độ đầu t_1 = 10°C; số ghi ở dưới là nhiệt độ cuối của khí nén khi nhiệt độ đầu t_1 = 20°C, số lớn, hàng giữa là công nén đoạn nhiệt.

hay là:

$$L_{da} = \sum_{1}^{z} \Delta i_n, \text{ J/kg}. \qquad (II.244b)$$

168. Nhiệt độ cuối của khí nén

– Nhiệt độ cuối của quá trình nén đẳng entrôpi T_2 tính theo công thức:

$$T_2 = T_1(p_2/p_1)^{(k-1)/k}; \qquad (II.245)$$

nhiệt độ cuối của khí trong quá trình nén đa biến cũng tính theo công thức trên khi thay k bằng chỉ số đa biến m.

169. Công suất

– Công suất lý thuyết của máy nén tính theo công thức:

$$N_{LT} = \frac{G.L}{1000}, \text{ kW}; \qquad (II.246)$$

trong đó G- năng suất của máy nén, kg/s; L- công nén 1 kg khi tính theo quá trình nén (đoạn nhiệt, đẳng nhiệt, đa biến); N_{LT} - công suất lý thuyết, kW.

– Công suất thực tế của máy nén có làm lạnh khí:

$$N_{TT} = N_{dn}/\eta_{dn}; \qquad (II.247)$$

trong đó N_{dn}- công suất đẳng nhiệt, kW; N_{TT}- công suất thực tế; η_{dn}- hiệu suất đẳng nhiệt thường bằng 0,65 đến 0,75.

– Công suất thực tế của máy nén đoạn nhiệt:

$$N_{TT} = N_{da}/\eta_{da}; \qquad (II.248)$$

trong đó N_{da}- công suất nén đẳng emtrôpi (đoạn nhiệt); η_{da} - hiệu suất đẳng entrôpi (đoạn nhiệt).

Đối với máy nén ly tâm η_{da} = 0,8 ... 0,9

– Công suất trên trục của máy nén gọi là công suất hiệu dụng được tính theo công thức:

$$N_{hd} = N_{TT}/\eta_{ck}; \qquad (II.249).$$

η_{ck} - hiệu suất cơ khí của máy nén, đối với máy nén pittông η_{ck} = 0,8 ... 0,95; đối với máy nén ly tâm η_{ck} = 0,96 ... 0,98.

– Công suất của động cơ điện N_{dc} :

$$N_{dc} = \beta.\frac{N_{hd}}{\eta_u.\eta_{dc}}; \qquad (II.250)$$

trong đó β- hệ số dự trữ công suất, thường lấy bằng 1,1 - 1,15; η_{tr}- hiệu suất truyền động (0,96 - 0,99); η_{dc} hiệu suất động cơ điện (~ 0,95).

– Công suất gần đúng của động cơ điện cũng có thể tính theo công thức sau:

$$N_{dc} = (1,1 \div 1,15)N_{dn}/\eta; \qquad (II.251)$$

η- hiệu suất chung (~ 0,45 ÷ 0,62).

§2. Máy nén ly tâm

170. Máy nén ly tâm là máy nén và đẩy khí nhờ tác dụng của lực ly tâm do bánh guồng quay sinh ra. Dùng máy nén ly tâm khi áp suất đẩy 2 ÷ 10 at.

– Độ nén trong một cấp của máy nén ly tâm nhỏ, do đó máy nén thường có nhiều cấp, số cấp thường từ 3 đến 7.

– Độ nén trong một cấp từ 1,2 đến 1,5, khi tốc độ vòng nhỏ hơn 200 m/s.

– Đường kính bánh guồng từ 700 đến 1400 mm.

– Cánh guồng có thể cong ra phía sau hoặc hướng tâm.

– Ống khuếch tán loại có cánh guồng và không có cánh guồng.

171. Tính toán các kích thước cơ bản cho một cấp của máy nén ly tâm. Các thông số cần thiết cho tính toán:

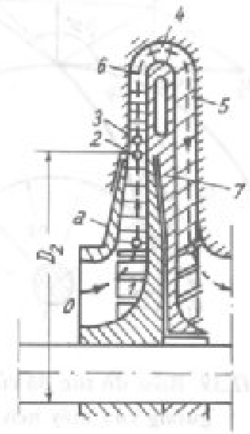
– Năng suất thể tích Q, m^3/s, hay năng suất khối lượng G, kg/s;

– Áp suất đầu và cuối p_1 và p_2, N/m^2;

– Nhiệt độ đầu của khí t_1, °C;

– Đặc trưng kỹ thuật của khí như: hằng số khí R, m/°C; $k = C_p/C_v$; khối lượng riêng ρ;

– Số vòng quay của máy nén được xác định bởi số vòng quay của động cơ điện. Để chạy máy nén thường dùng động cơ điện không đồng bộ với số vòng quay 2950 (và thỉnh thoảng 1430) vg/ph; đôi khi giữa động cơ điện và máy nén có bộ giảm tốc. Động cơ tuốcbin có số vòng quay 2500 - 3500 vg/ph và cao hơn thường được sử dụng cho loại máy nén năng suất cao và trung bình, loại này dễ điều chỉnh năng suất do thay đổi số vòng quay.



Hình II.37. **Sơ đồ máy nén ly tâm**

– Tốc độ khí ra khỏi guồng giới hạn trong khoảng $u_2 = 300$ m/s.

172. Tính gần đúng bánh guồng:

– Áp suất tạo thành sau một bậc:

$$p_2 = p_1 \left[1 + \frac{\eta_{da}}{2gC_pT_1} (C_1^2 - C_2^2 + 2u_2C_{2u}) \right]^{k/(k-1)} \qquad \text{(II.252)}$$

trong đó η_{da} - hiệu suất đẳng entrôpi, có thể lấy bằng 0,85; C_1, C_2 - tốc độ tuyệt đối của khí ở đầu vào và đầu ra tính theo năng suất khí và đường kính chỗ vào và ra, m/s; u_2- tốc độ vòng của khí lúc ra lấy vào khoảng 300 m/s; C_{2u}- hình chiếu của tốc độ tuyệt đối lên phương tiếp tuyến với bánh guồng.

– Đường kính bánh guồng:

Đường kính ngoài của bánh guồng tính theo giá trị tốc độ u_2, m/s và số vòng quay của guồng, vg/ph:

$$D_2 = \frac{60u_2}{n\pi}\ ; \qquad \text{(II.253)}$$

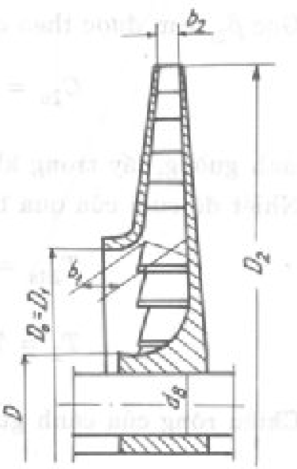
n- số vòng quay, vg/ph.

Đường kính trong của bánh guồng D_1 (chỗ khí vào) thường tính theo đường kính ngoài:

$D_1/D_2 = 0{,}48 - 0{,}62$.

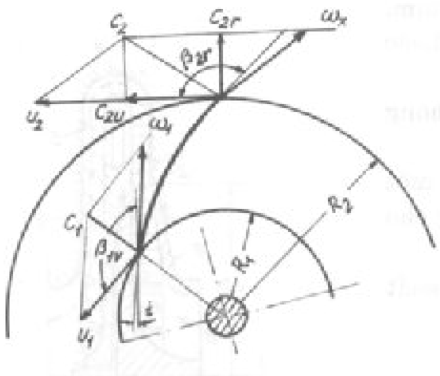
Trung bình lấy $D_1/D_2 = 0{,}5$.

– Góc của cánh guồng ở đầu vào được xác định

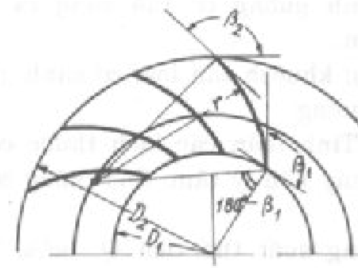


Hình II.38. **Mặt cắt dọc của bánh guồng**

từ hình bình hành tốc độ (xem hình II.39);



Hình II.39. Biểu đồ tốc độ của khí trong khe guồng của máy nén ly tâm



Hình II.40. Cách xây dựng đường cong của cánh bằng một vòng tròn khác

– Góc tới của cánh guồng có thể chọn trong khoảng:

$$i = 0 \;...\; 5^o;$$

– Góc đặt cánh guồng ở đầu vào $\beta_{1v} = \beta_1 + (0 \;...\; 5^o)$.

Tốc độ tương đối ở đầu vào:

$$w_1 = \sqrt{C_1^2 + U_1^2},$$

– Tốc độ C_1 có thể lấy bằng tốc độ C_o của khí đi vào bánh guồng, C_o được xác định từ phương trình lưu lượng đi qua mặt cắt vào của bánh guồng.

– Tốc độ khí đi ra xác định theo phương trình:

$$C_{2u} = U_2 \pm \sqrt{U_2^2 - B}; \tag{II.254}$$

trong đó:

$$B = \frac{2g.C_p T}{\eta_a}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k} - 1\right];$$

– Góc β_{2r} tìm được theo công thức:

$$C_{2u} = U_2\left(1 - \frac{\pi}{z}\sin\beta_{2r} - \frac{C_{2r}}{U_2}\,\mathrm{ctg}B_{2r}\right);$$

z- số cánh guồng, lấy trong khoảng từ 6 đến 32, z càng nhỏ góc β_{2r} càng lớn.

– Nhiệt độ cuối của quá trình nén:

$$T_{2da} = T_1(p_2/p_1)^{(k-1)/k}$$

$$T_2 = T_1 + \frac{T_{2da} - T_1}{\eta_{da}}; \tag{II.255}$$

– Chiều rộng của cánh guồng xác định theo phương trình lưu lượng:

$$b = \frac{Q}{\pi D C_r \mu}. \tag{II.256}$$

Do mất mát qua khe hở, lưu lượng thực tế lớn hơn lưu lượng lý thuyết khoảng 1 đến 1,5%.

Dạng của cánh guồng được xây dựng theo trị số góc β_{1v}, β_{2r} và phương pháp xây dựng đường trung bình. Cấu trúc của cánh guồng như một cung tròn (hình II.40).

173. Tính ống khuếch tán không có cánh guồng. Loại này dùng trong máy nén ổn định, nội dung tính toán là xác định kích thước hình học của nó và trạng thái khí ở đầu ra.

Chiều rộng và kích thước của ống khuếch tán xác định theo quan hệ thực nghiệm:

$$b_3 = b_4 \approx b_2; \qquad \text{(II.257)}$$

$$D_4 = (1,6 \div 1,8)D_2 \qquad \text{(II.258)}$$

Tốc độ vòng ở đầu ra của ống:

$$C_{4u} = C_2 . \frac{D_2}{D_4} \qquad \text{(II.259)}$$

Thành phần hướng tâm của tốc độ dòng ở đầu ra:

$$C_{4r} = \frac{Q_4}{\pi D_4 b_4 \mu_4} \ . \qquad \text{(II.260)}$$

Chỉ có thể xác định được lưu lượng thể tích Q_4 khi biết thể tích riêng của khí trong mặt cắt, do đó phải chọn trước Q_4, sau khi tính xong thì kiểm tra lại.

Góc ra của dòng:

$$\alpha_4 = \text{arctg}\ (C_{4r}/C_{4u}) \qquad \text{(II.261)}$$

Mức tăng áp suất trong ống khuếch tán có thể tính theo công thức (II.252) còn mức tăng nhiệt độ tính theo công thức (II.245), nhưng thay đổi các chỉ số "1" và "2" thành "2" và "4".

174. Tính ống khuếch tán có cánh guồng

Loại này sử dụng khi $\alpha_2 < 20^o$; kích thước của nó chọn theo số liệu thực nghiệm.

$$b_3 = b_4 = (1 \div 1,2)b_2; \qquad \text{(II.262)}$$

$$D_3 \approx 1,1D_2; \qquad \text{(II.263)}$$

$$D_4 = (1,3 \div 1,55)D_2. \qquad \text{(II.264)}$$

Góc vào α_{3v} của cánh guồng khuếch tán có thể lấy bằng góc ra α_2 của cánh guồng; góc ra α_{4r} thường nằm trong giới hạn 30 đến 40°.

Số cánh guồng của ống khuếch tán không cần bằng số cánh guồng. Với loại cấu trúc bình thường lấy:

$$z = 20 \ ...\ 28.$$

Khi lấy hiệu suất đẳng entrôpi của ống là $\eta_{da} \approx 0,8$ và chọn sơ bộ các thông số ở đầu ra của ống khuếch tán thì có thể dùng phương trình dòng liên tục và kích thước hình học đã chọn để xác định tốc độ khí ở đầu ra. Sau đó theo phương trình cân bằng năng lượng, ta kiểm tra lại các trị số áp suất, nhiệt độ của khí ra xem có phù hợp với các số liệu đã chọn không.

Cánh guồng của ống khuếch tán thường có dạng cung tròn.

Áp suất tạo thành sau một cấp của máy nén ly tâm không lớn lắm, vì vậy máy nén ly tâm thường có nhiều cấp ghép nối tiếp nhau. Phương pháp tính toán tương tự như trên.

175. Điều chỉnh máy nén ly tâm trong quá trình làm việc theo các phương pháp sau:

- nếu phương pháp truyền động cho phép thay đổi số vòng quay của trục máy nén thì thay đổi số vòng quay gần tới điểm tới hạn, đảm bảo máy làm việc ổn định là phương pháp tốt nhất;
- điều chỉnh van trên đường ra;
- nối đường ống đẩy với đường ống hút, phương pháp này làm giảm hiệu suất.

§3. Máy nén pittông

Máy nén pittông được dùng với năng suất không quá 200 m^3/ph. Có thể phân loại máy nén pittông theo nhiều cách:

- Theo số phía làm việc của xilanh: máy nén tác dụng đơn hay tác dụng kép.
- Theo số cấp: máy nén một cấp, hai cấp... nhiều cấp.
- Theo vị trí của xilanh: máy nén thẳng đứng, nằm ngang, hình chữ V, hình chữ W...
- Theo số xilanh: máy nén một xilanh, nhiều xilanh.

176. Năng suất

- Năng suất của máy nén pittông tác dụng đơn:

$$Q = V_{ht}(n/60) = \lambda_o \lambda_t \lambda_k V(n/60); \quad \text{(II.265)}$$

trong đó Q - năng suất của máy nén, m^3/s; V_{ht} - thể tích hút thực tế, m^3/s; n- số vòng quay trong một phút; vg/ph; λ_o - hiệu suất thể tích:

$$\lambda_o = 1 - a(\varepsilon^{1/m_g} - 1); \quad \text{(II.266)}$$

ở đây a - thể tích tương đối của khoảng hại, a = 0,025... 0,06; ε- độ nén, $\varepsilon = p_2/p_1$; m_g - chỉ số đa biến của quá trình giãn khí, trung bình m_g = 1,2 và $m_{nén}$ = 1,35 (đối với khí hai phân tử) trong máy nén làm lạnh bằng không khí quá trình làm lạnh yếu, do đó có thể xảy ra quá trình gần với đoạn nhiệt, thậm chí chỉ số đa biến có thể lớn hơn chỉ số đoạn nhiệt.

Đối với máy nén hiện nay đang dùng λ_o = 0,7 ... 0,9

λ_t- hệ số nhiệt độ, thường λ_t = 0,9 ... 0,98;

λ_k- hệ số kín, thường λ_k = 0,95 ... 0,98;

V- thể tích khoảng chạy của pittông, m^3.

- Đối với máy nén tác dụng đơn:

$$V = \frac{\pi D_1^2}{4}.S, \ m^3; \quad \text{(II.267a)}$$

trong đó D_1- đường kính pittông, m; S- khoảng chạy của pittông, m.

- Đối với máy nén tác dụng kép:

$$V = \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)}{4}.S, \ m^3; \quad \text{(II.267b)}$$

D_2- đường kính cán pittông, m.

177. Điều chỉnh năng suất làm việc của máy nén pittông bằng cách sau:

- thay đổi số vòng quay của trục;
- điều chỉnh van hút và van đẩy;
- nối đường hút với đường đẩy qua van.

178. Số bậc của máy nén

Trong quá trình nén nhiệt độ của khí tăng lên, bảng II.50 cho biết nhiệt độ cuối cùng của không khí nén ở các điều kiện khác nhau của máy nén pittông có D_1 = 0,7 m ở nhiệt

độ ban đầu $t_1 = 20^oC$.

Khi độ nén cao, nhiệt độ cao có thể làm cháy dầu bôi trơn, phân hủy khí nén, giảm hiệu suất và năng suất máy nén, do đó cần phải nén nhiều cấp và làm lạnh khí giữa các cấp. Số cấp của máy nén tính theo công thức:

$$\varepsilon = \psi^2\sqrt{p_k/p_1}$$

hay

$$z = \frac{\lg p_k - \lg p_1}{\lg\varepsilon - \lg\psi}\ ; \qquad (II.268)$$

trong đó p_k - áp suất cuối của quá trình nén, N/m^2; ψ - hệ số tổn thất áp suất ψ = 1,1... 1,15; ε - độ nén trong một cấp, ε = 2,5.

Bảng II.50. **Nhiệt độ cuối của không khí nén**

Độ nén $\varepsilon = p_2/p_1$	Nhiệt độ cuối của không khí, °C		
	Nén đoạn nhiệt	Nén đa biến, làm lạnh xilanh	Nén đa biến, làm lạnh xilanh và nắp
2	85	64	52
4	165	129	99
6	220	181	136
8	263	220	170

179. Tính các kích thước cơ bản của máy nén nhiều cấp tức là tính khoảng chạy, diện tích và đường kính của pittông.

- Số liệu cần biết là năng suất Q_1 ở điều kiện hút đã cho trước. Chỉ số đa biến của quá trình giãn có trị số $m_g \approx 1,2$; trị số của a, λ_r, λ_k đã nêu ở trên.

- Số vòng quay n phụ thuộc vào năng suất của máy nén. Máy nén năng suất nhỏ nối trực tiếp với động cơ điện qua khớp trục có n = 730 vg/ph.

Máy nén năng suất trung bình dùng động cơ điện không đồng bộ truyền động qua dây đai n = 400 ... 500 vg/ph. Máy nén lớn dùng động cơ đồng bộ số vòng quay n = 125 ... 167 vg/ph.

- Độ nén của một cấp sẽ tính được sau khi chọn số cấp nén z với áp suất p_1, p_2 theo yêu cầu:

$$\varepsilon = \sqrt[z]{\frac{p_k}{p_1\lambda\lambda_\varepsilon^{z-1}}}\ ; \qquad (II.269)$$

trong đó λ_ε - hệ số tính đến mất mát áp suất trong thiết bị làm lạnh trung gian, tính toán sơ bộ có thể lấy λ_ε = 0,93 đối với tất cả các cấp; ε- cần phải nằm trong giới hạn đã cho ở trên.

Thể tích làm việc của xilanh tính theo công thức:

$$V = \frac{60Q_1}{[1 - a(\varepsilon^{1/m_g} - 1)]\lambda_T\lambda_k.n}\ . \qquad (II.270)$$

Sau khi tính được V, tiếp đến tính đường kính và khoảng chạy của pittông theo công thức sau:

- đối với pittông có một đường kính:

$$V = 0{,}785D_1^2S,\ m^3;$$

- đối với pittông vi sai có đường kính D_1 và D_2:

$$V = 0{,}785(D_1^2 - D_2^2)S,\ m^3;$$

và kết hợp với các công thức thực nghiệm sau:

- đối với máy nén thẳng đứng không có con trượt:

$$S/D_1 = 0{,}5;$$

- đối với máy nén nằm ngang có con trượt:

$$S/D_1 = 0{,}6\ ...\ 0{,}9.$$

Thường thường số cấp cần thiết để đạt được độ nén theo yêu cầu nằm trong giới hạn như ở (bảng II.51).

Bảng II.51

Độ nén chung p_k/p_1	dưới 6	6 - 30	30 - 100	100 - 150	hơn 150
Số cấp nén z	1	2	4	5	6

Xác định kích thước của xilanh các cấp tiếp theo cũng tương tự như vậy, nhưng năng suất khí giảm dần do khí bị nén.

§4. Máy nén rôto

180. Máy nén và thổi khí kiểu rôto nén khí theo nguyên tắc thay đổi thể tích do tấm trượt của rôto và vỏ tạo ra.

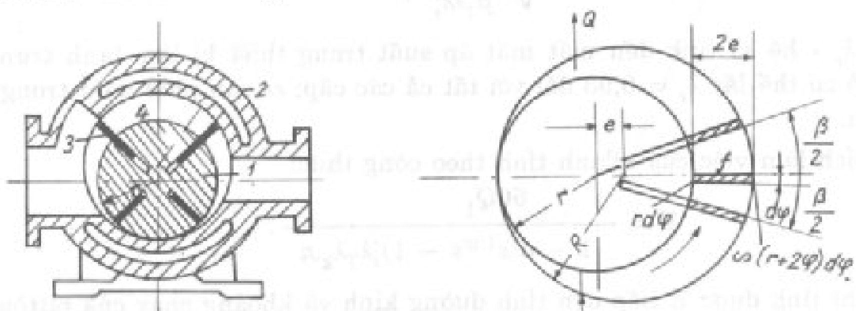
Máy nén khí rôto có loại một cấp và hai cấp, năng suất từ 6 đến 100 m^3/ph, công suất có thể đến 1200 kW, áp suất sau khi nén có thể đạt đến 4 at đối với máy nén một cấp và 10 at đối với máy nén hai cấp.

181. Năng suất

- Năng suất của máy nén rôto xác định theo công thức:

$$Q = 2el(\pi D - z\delta)n\eta; \qquad \text{(II.271)}$$

trong đó Q - năng suất khí, m^3/s; e - khoảng lệch tâm, m; D - đường kính của vỏ, m; l- chiều dài rôto, m; z- số tấm trượt; δ- chiều dày tấm trượt, m; n- số vòng quay, vg/s; η- hệ số cung cấp nằm trong giới hạn 0,5 ... 0,85, thường từ 0,75 ... 0,80; η phụ thuộc vào sự mất mát khí qua các khe hướng tâm và hướng trục, chiều dày và số lượng tấm trượt.



Hình II.41. Sơ đồ máy nén rôto

Thực tế chiều dày của tấm trượt không đáng kể so với đường kính nên năng suất thực tế có thể tính theo công thức:

$$Q = elD.\beta.n.\eta.z = 2\pi.e.l.D.n.\eta_0; \qquad (II.272)$$

trong đó β- góc giữa hai tấm trượt, rad.

Thay đổi năng suất trong quá trình làm việc bằng cách thay đổi số vòng quay (nếu phương pháp truyền động cho phép) hoặc bằng ống nối giữa đường đẩy và đường hút với van điều chỉnh.

182. Tính các kích thước cơ bản

Tính các kích thước cơ bản của máy nén rôto chủ yếu dựa trên các tỉ số thực nghiệm:

- Tỉ lệ giữa bán kính ngoài của rôto và bán kính trong của vỏ:

$$r/R = 0{,}86 \;...\; 0{,}89;$$

trong đó r - bán kính ngoài của rôto, m; R - bán kính trong của vỏ, m.

- Tỉ lệ giữa độ lệch tâm và bán kính trong của vỏ:

$$e/R = 0{,}14 \;...\; 0{,}11;$$

e - độ lệch tâm.

- Chiều dài rôto: $l = (3{,}2 \;...\; 4{,}2)R$.
- Chiều rộng tấm trượt $b = (0{,}44 \;...\; 0{,}54)R$.

Thường chiều dầy của các tấm trượt là 1... 5 mm.

Số lượng tấm trượt: $z = 20 \;...\; 30$.

Đối với máy nhỏ năng suất 0,5 m^3/ph có số cánh trượt nhỏ hơn 6.

Tốc độ cực đại cho phép của đầu mút tấm trượt bằng thép không quá 15 m/s và không nhỏ hơn 7m/s.

Số vòng quay của máy nén có thể xác định theo bán kính R và giá trị tốc độ cực đại cho phép của đầu mút tấm trượt.

Thường máy nén được nối trực tiếp với động cơ điện qua khớp nối trục, vì vậy số vòng quay của nó thường là 1450, 960, 735 vg/ph.

Công suất trên trục của máy nén rôto cũng tính như các máy nén khác, nhưng ở đây mất mát do ma sát cơ học rất lớn. Hiệu suất cơ khí $\eta_{ck} = 0{,}8 \;...\; 0{,}9$.

Tích số giữa hiệu suất đẳng nhiệt, đoạn nhiệt với hiệu suất cơ khí như sau:

$$\eta_{dn}.\eta_{ck} = 0{,}5 \;...\; 0{,}6$$

$$\eta_{da}.\eta_{ck} = 0{,}6 \;...\; 0{,}7.$$

§5. Máy nén hướng trục

183. Máy nén, quạt hướng trục truyền năng lượng cho dòng khí do những cánh guồng gắn trên ổ trục tạo với mặt phẳng quay một góc nào đó, khi đó khí sẽ bị đẩy dọc theo trục với một độ xoắn nhất định.

Khi cắt guồng bằng một mặt trụ có đường kính r và trải bề mặt này ra ta được mạng mặt phẳng của cánh guồng.

Những trị số đặc trưng hình học cơ bản của mạng gồm có:

t- bước guồng, bằng khoảng cách các điểm giống nhau của mặt cắt cánh guồng, đo theo hướng chuyển động của mạng; b- chiều dài dây cung của mặt cắt cánh; B- chiều rộng mạng lưới, theo hướng song song với trục quay; β_{1g}, β_{2g}- góc của cánh guồng ở đầu vào và đầu ra; β_y - góc chắn, tức là góc giữa dây cung và trục của mạng lưới; S- chiều sâu của mạng, bằng tỉ số dây cung và bước:

$$S = b/t.$$

Trị số nghịch đảo của chiều sâu là bước tương đối τ:

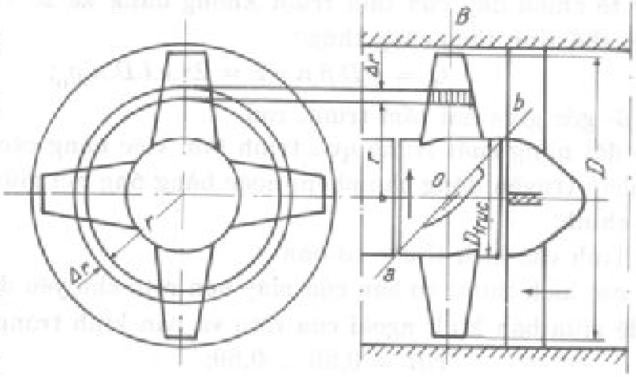
$\tau = l/S = t/b.$

184. Phương trình dòng liên tục (bề mặt của đầu vào và đầu ra giống nhau):

$$\rho_1 w_{1a} = \rho_2 w_{2a} \quad (II.273)$$

$$\rho_1 C_{1a} = \rho_2 C_{2a}.$$

185. Phương trình năng lượng



Hình II.42. **Sơ đồ máy nén hướng trục bốn cánh**

Khi chuyển động tương đối qua bánh công tác của máy nén hướng trục, dòng khí không được cung thêm năng lượng, ở đây chỉ xảy ra sự chuyển từ động năng thành thế năng, quá trình này kèm theo sự chuyển một phần năng lượng của dòng thành nhiệt.

$$\frac{w_1^2}{2g} - \frac{w_2^2}{2g} = \int_1^2 \frac{dp}{\rho.g} + \Delta H; \qquad (II.274)$$

ΔH- năng lượng chuyển thành nhiệt.

Có thể tính được sự biến thiên thế năng, biểu diễn bằng tích phân ở vế phải của phương trình khi biết sự phụ thuộc giữa ρ và p, nghĩa là khi biết quá trình nhiệt động trong rãnh giữa các cánh guồng. Trong quạt áp suất thấp, quá trình này là đẳng nhiệt, trong máy nén hướng trục quá trình này là quá trình đa biến.

Xác định năng lượng của guồng truyền cho dòng dựa trên cơ sở phương trình của quạt ly tâm, với giả thiết $u_2 = u_1 = u$:

$$H_T = \frac{u}{g}(C_{2u} - C_{1u}) = \frac{u}{g}\Delta C_u,$$

mà:

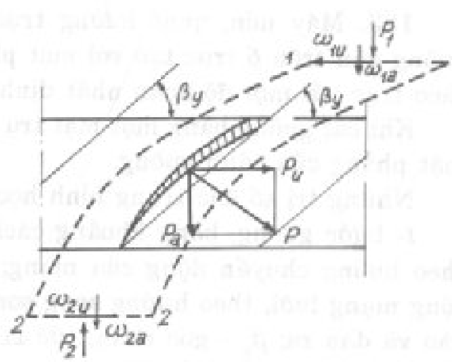
$$C_{2u} = u_2 - C_{2a}\,\text{cotg}\,\beta_2;\; C_{1u} = u_1 - C_{1a}\text{cotg}\,\beta_1.$$

Vậy:

$$H_T = \frac{u.C_a}{g}(\text{cotg}\,\beta_1 - \text{cotg}\,\beta_2). \qquad (II.275)$$

Phương trình năng lượng của chuyển động tuyệt đối:

$$\frac{u.C_a}{g}(\text{cotg}\,\beta_1 - \text{cotg}\,\beta_2) = C_p(T_2 - T_1) + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} + q \quad (II.276)$$



Hình II.43. **Biểu đồ tác dụng lên cánh guồng**

trong đó u_1, w_1, C_1, và u_2, w_2, C_2 - tốc độ di chuyển, tốc độ tương đối và tốc độ tuyệt đối ở đầu vào và đầu ra; β_1, β_2- góc vào và góc ra, tức là góc giữa trục của mạng và vectơ tốc độ tương đối ở chỗ vào và chỗ ra; i- góc tới, tức là góc giữa

tiếp tuyến của đường trung bình của cánh guồng và vectơ tốc độ tương đối ở đầu vào; σ- góc sau tức là góc giữa tiếp tuyến của đường trung bình của cánh guồng và vectơ tốc độ tương đối ở đầu ra.

186. Phương trình động lượng

Phương trình này dùng để tính lực tác dụng giữa dòng và cánh guồng.

Cánh guồng có chiều dài Δr tác dụng lên dòng một lực P, P_a là lực trên trục máy: P_u là lực trên trục mạng.

Phương trình động lượng của mặt cắt 1 - 1 và 2 - 2 như sau:

$$(P_a + \Delta r.t.p_1 + \Delta r.t.p_2) = -(\Delta r.t.\rho_2.w_{2a}^2 - \Delta r.t.\rho_1.w_{1a}^2).$$

Thành phần lực P_u:

$$P_u = \Delta r.t(\rho_1 w_{1a} w_{1u} - \rho_2 w_{2a} w_{2u})$$

hay:

$$P_u = \Delta r.t.\rho_1 w_{1a}(w_{1u} - w_{2u}).$$

Thành phần lực P_a :

$$P_a = \Delta r.t(p_2 - p_1) + \Delta r.t(\rho_1 w_{1a}^2 - \rho_2 w_{2a}^2).$$

Máy nén hướng trục nhiều bậc dùng để nén bất kỳ loại khí nào, nó được sử dụng rộng rãi trong các thiết bị tĩnh hoặc vận chuyển lớn.

Máy nén loại này có các ưu điểm sau: hiệu suất cao, năng suất lớn, khối lượng và thể tích riêng nhỏ, số vòng quay lớn, cho phép nối trực tiếp với tuôcbin.

Sự tăng áp suất trong một bậc của máy nén hướng trục không lớn lắm. Độ nén (tỉ số áp suất cuối và đầu) là 1,15 đến 1,35, vì vậy khi áp suất đẩy cao, máy nén cần phải có nhiều cấp.

Khi các tốc độ $C_a = C_{1a} = C_{2a}$..., năng lượng riêng của guồng truyền cho khí xác định theo phương trình:

$$L = \frac{u}{g} C_a(\text{cotg}\beta_1 - \text{cotg}\beta_2) = \frac{u}{g}\Delta C_u; \qquad \text{(II.278a)}$$

hoặc có thể biểu diễn bằng chênh lệch hàm nhiệt của khí trước và sau một cấp:

$$L = h_o^* = (i_1')^* - i_1^* = C_p(T_1' - T_1) + \frac{1}{2g}(C_1'^2 - C_1^2); \qquad \text{(II.278b)}$$

trong đó h_o^*- áp suất lý thuyết của một bậc; i_1^*- hàm nhiệt toàn phần của khí khi vào bậc; $(i_1')^*$ - hàm nhiệt toàn phần của khí khi ra bậc; T_1 và T_1' - nhiệt độ tuyệt đối của khí trước và sau một bậc.

Trị số của hàm nhiệt toàn phần xác định như sau:

$$i_1^* = i_1 + C_1^2/2g;$$

$$(i_1')^* = i_1' + C_1'^2/2g;$$

i_1 và i_1'- hàm nhiệt của khí vào và ra khỏi cấp.

Nếu trong một cấp không có mất mát năng lượng thì tất cả công L có thể tạo thành áp suất, do đó công L xem như bằng áp suất lý thuyết của một cấp máy nén.

Trong guồng của máy nén lý tưởng, công đẳng entrôpi chuyển thành áp suất.

187. Áp suất hữu ích của một cấp:

$$h = h_o^* - \Delta h_1 - \Delta h_2; \qquad \text{(II.279)}$$

trong đó Δh_1- mất mát trong rãnh bánh guồng; Δh_2- mất mát trong guồng hướng tâm.

Áp suất đẳng entrôpi:

$$h' = h - \frac{(C'_1)^2 - C_1^2}{2g} \quad ; \tag{II.280a}$$

hay

$$h' = C_p T_1 \left[\left(\frac{p'_1}{p_1} \right)^m - 1 \right] = C_p (T'_{1da} - T_1)$$

$$= C_p (T'_{1da} - T_1); \tag{II.280b}$$

$$h = C_p T_1 \left[\left(\frac{p'_1}{p_1} \right)^m - 1 \right] + \frac{C'^2_1 - C_1^2}{2g}$$

$$h = C_p (T'_{1da} - T_1) + \frac{C'^2_1 - C_1^2}{2g} \tag{II.281}$$

trong công thức này:

$$m = (k - 1)/k.$$

188. Những hệ số đặc trưng cho áp suất:

Hệ số lưu lượng:

$$\varphi = \frac{C_a}{u} = \frac{C_a}{C_{1u} - w_{1u}} = \frac{1}{\cot g\alpha_1 - \cot g\beta_1} \tag{II.282}$$

Hệ số áp suất lý thuyết:

$$\psi_o = \frac{L}{u^2/2g} = 2\varphi(\cot g\beta_2 - \cot g\beta_1); \tag{II.283}$$

hay

$$\psi_o = 2\,\frac{\cot g\beta_1 - \cot g\beta_2}{\cot g\alpha_1 - \cot g\beta_1}$$

thường ψ_o = 0,45 ... 0,8.

Hệ số áp suất hữu ích:

$$\psi = \frac{L'}{u^2/2g} = \frac{h'}{u^2/2g} \quad ; \tag{II.284}$$

thường ψ = 0,4 ... 0,6.

Dựa vào các hệ số ψ_o và ψ, tính được công lý thuyết:

$$L = h_o^* = \psi_o \frac{u^2}{2g}; \tag{II.285}$$

và công hữu ích:

$$L' = h' = \psi \frac{u^2}{2g} \tag{II.286}$$

Để đặc trưng cho độ xoáy của khí trong một cấp ở đường kính nào đó, ta đưa ra hệ số xoắn:

$$\mu = \frac{\Delta C_u}{u} = \frac{\Delta w_u}{u}; \tag{II.287}$$

$$\mu = \varphi(\cot g\beta_2 - \cot g\beta_1) = \frac{\cot g\beta_1 - \cot g\beta_2}{\cot g\alpha_1 - \cot g\beta_1}.$$

Vậy $\mu = \dfrac{1}{2}\psi_o.$

thường $\mu = 0{,}3 \ldots 0{,}5.$

189. Hiệu suất đẳng entrôpi:

$$\eta_{da} = h/h_o^* = \psi/\psi_o = \psi/2\mu. \qquad \text{(II.288)}$$

Công suất cần thiết ở mỗi cấp:

$$N = G.L = G.u^2\mu. \qquad \text{(II.289)}$$

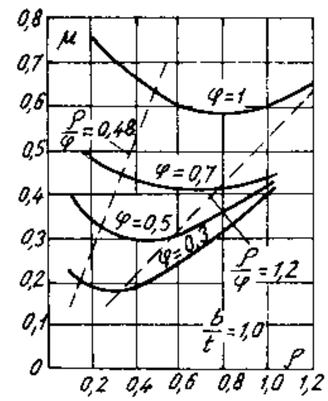
190. Phương pháp tính máy nén hướng trục

Các số liệu cho trước là các thông số của phần chuyển động, giá trị của công nén đẳng entrôpi, lưu lượng G và số vòng quay. Thường chọn tốc độ vòng trên đường kính ngoài từ 150 đến 250 m/s đối với máy nén tĩnh, và 250 đến 370 m/s đối với máy nén vận chuyển.

Trị số của tốc độ được xác định bởi loại rôto và số cấp.

Tốc độ hướng trục trong các cấp không đổi, hoặc giảm một chút đối với các cấp sau.

Điều cần chú ý khi tính toán là cấp đầu tiên làm việc ở điều kiện không thuận lợi lắm, ở đó lưu lượng thể tích lớn nhất, do đó áp suất giảm một ít so với các cấp sau.



Hình II.44. Sự phụ thuộc của hệ số xoắn vào mức độ phản lực của cấp và hệ số $\varphi = C_{a/u}$

Theo tốc độ hướng trục đã chọn, dựa vào lưu lượng và khối lượng riêng, ta xác định mặt cắt ống dẫn:

$$f_{11} = \frac{G}{\rho g C_{a11}}.$$

Chọn tỉ số đường kính trong và ngoài:

$$\nu = d_u/d_{ng}.$$

Thường ν nằm trong giới hạn sau:

$$\nu_{min} = 0{,}5 \ldots 0{,}6$$

$$\nu_{max} \leq 0{,}9.$$

Từ đó xác định đường kính ngoài:

$$d_{ng} = \sqrt{\frac{4f_{11}}{\pi(1 - \nu_1^2)}}; \qquad \text{(II.290)}$$

đường kính trong:

$$d_{tr} = \nu d_{ng}; \qquad \text{(II.291)}$$

đường kính trung bình:

$$d_{tb} = \frac{d_{tr} + d_{ng}}{2};$$

Sau đó xác định chiều dài cánh guồng:

$$l = \frac{d_{ng} - d_{tr}}{2} = d_{ng} - d_{tb}. \qquad \text{(II.292)}$$

Theo tốc độ $u_{ngoài}$ đã chọn, tìm số vòng quay của máy nén theo:

$$n = \frac{60u_{ng}}{\pi . d_{ng}} \quad ; \tag{II.293}$$

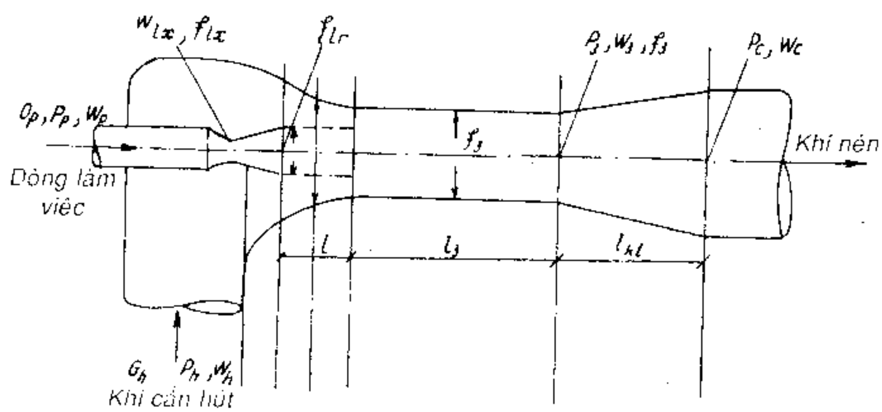
Và xác định được tốc độ vòng trung bình, sau đó xác định hệ số lưu lượng φ theo hình II.44.

Xác định sơ bộ số cấp và áp suất trong các cấp.

Trong các cấp đầu, áp suất do máy nén tạo ra sẽ bằng nhau và bằng $(1{,}25 \div 1{,}1)h_1$. Trong hai ba cấp cuối áp suất sẽ nhỏ hơn một ít.

§6. Máy nén khí kiểu bơm tia (ejectơ)

191. Ejectơ được sử dụng trong trường hợp cần chống cháy nổ hay vì một lý do kỹ thuật nào đó mà không thể cho không khí đi qua các loại máy nén hoặc máy thổi khí khác được. Sơ đồ ejectơ được thể hiện ở hình II.45.



Hình II.45. Sơ đồ ejectơ

Kích thước hình học của ejectơ được xác định theo các công thức sau đây:

1. Mặt cắt giới hạn của ống loa f_{1x}:

$$f_{1x} = \frac{G_p}{\sqrt{gk_p\left(\frac{2}{k_p+1}\right)^{(k_p+1)/(k_p-1)}}}\sqrt{\frac{v_p}{p_p}}\ , \text{m}^2; \tag{II.294}$$

trong đó G_p - lưu lượng khí làm việc, kg/s; k_p - chỉ số đoạn nhiệt của khí làm việc; v_p - thể tích riêng của khí trước khi vào loa, m^3/kg; p_p- áp suất khí làm việc, at.

2. Mặt cắt ở chỗ ra của loa f_{1r}:

$$f_{1r} = \frac{\sqrt{\left(\frac{k_p-1}{2}\right)\left(\frac{2}{k_p+1}\right)^{(k_p+1)/(k_p-1)}}}{\sqrt{\left(\frac{p_h}{p_p}\right)^{1/k_p}\quad 1-\left(\frac{p_h}{p_p}\right)^{(k_p-1)/k_p}}}\cdot f_{1x}\,; \tag{II.295}$$

trong đó p_h- áp suất của khí được hút vào, at.

3. Mặt cắt phòng hỗn hợp:

$$f_3 = \frac{k_p}{k_p + 1} \cdot \frac{k_c + 1}{k_c} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k_p - 1}} \cdot \sqrt{\frac{k_c - 1}{k_c + 1}} \cdot (1 + u) \times$$

$$\times \frac{w_{cx}}{w_{1x}} \cdot \frac{p_p}{p_c} \cdot \frac{1}{\left(\frac{p_3}{p_c}\right)^{1/k_c} \sqrt{1 - \left(\frac{p_3}{p_c}\right)^{(k_c - 1)/k_c}}} f_{1x}; \qquad \text{(II.296a)}$$

trong đó k_c - chỉ số đoạn nhiệt của khí sau khi được nén; w_{1x}, w_{cx}- tốc độ tới hạn ở mặt cắt f_{1x} và sau khi nén, m/s.

Trường hợp chỉ số đoạn nhiệt $k_p = k_c = k$ ta có công thức đơn giản hơn:

$$f_3 = \sqrt{\left(\frac{k-1}{2}\right)\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \cdot \frac{w}{w_{1x}} \cdot \frac{p_p}{p_c} \cdot \frac{1}{\left(\frac{p_3}{p_c}\right)^{1/k} \sqrt{1 - \left(\frac{p_3}{p_c}\right)^{\frac{k-1}{k}}}} f_{1x}; \qquad \text{(II.296b)}$$

trong đó u - hệ số phun, $u = G_{h1}/\Sigma G_p$; G_{h1}- lượng khí được hút ở cấp thứ nhất (nếu có nhiều cấp nén); G_p- tổng lượng khí làm việc cho vào các cấp (nếu có nhiều cấp).

4. Chiều dài của phòng hỗn hợp

Khi hệ số phun $u \leq 0,5$ thì $l_3 = 6d_3$; (II.297a)

Khi hệ số phun $u \geq 2$ thì $l_3 = 10d_3$. (II.297b)

5. Góc mở của phòng khuếch tán $\theta = 8 \ldots 10°$, khi đó chiều dài phòng khuếch tán sẽ bằng:

$$l_{kt} = 6 \ldots 7(d_c - d_3); \qquad \text{(II.297c)}$$

trong đó d_c - đường kính cửa ra của phòng khuếch tán.

Ống loa (ống phun), phòng hỗn hợp và phòng khuếch tán cần phải có kích thước theo đúng điều kiện trên; nếu không tuân theo những điều kiện này chế độ làm việc của máy nén sẽ bị phá hủy mạnh.

Khoảng cách l giữa mặt cắt ra của ống loa và mặt cắt vào của phòng hỗn hợp có ý nghĩa rất lớn. Để xác định đúng khoảng cách này cần phải tính:

– chiều dài tự do của tia ra khỏi miệng loa l_t;

– đường kính của tia ở khoảng cách l_t là d_t.

Chiều dài tự do của tia được xác định theo các công thức gần đúng sau:

Khi hệ số phun $u < 0,5$:

$$l_t = [\sqrt{0,083 + 0,76u} - 0,29]d_r/2a; \qquad \text{(II.298a)}$$

Khi hệ số phun $u \geq 0,5$

$$l_t = \frac{0,37 + u}{4,4a} d_r; \qquad \text{(II.298b)}$$

trong đó d_r- đường kính ở cửa ra của ống loa; a - hằng số thực nghiệm, ở trong giới hạn 0,07 ... 0,09.

Đường kính tia ở khoảng cách l_t được xác định như sau:

khi hệ số phun là $u \geq 0,5$:

$$d_t = 1,55(1 + u)d_r; \qquad \text{(II.299a)}$$

khi hệ số phun $u < 0,5$:

$$d_1 = 3,4\sqrt{0,083 + 0,76u}.d_r \; ; \qquad \text{(II.299b)}$$

Nếu khi tính toán thấy $d_t < d_3$ thì có thể lấy $l = l_t$; trường hợp $d_t > d_3$ thì chọn $l > l_1$.

§7. Bơm chân không vòng nước

192. Năng suất của bơm chân không vòng nước theo quan hệ hình học được xác định theo công thức:

$$Q = \left\{ \pi\left[\left(\frac{D_2}{2} - a\right)^2 - \left(\frac{D_1}{2}\right)^2 \right] - Z(l-a)S \;\; \eta_o ; \; m^3/h ; \qquad \text{(II.300)}$$

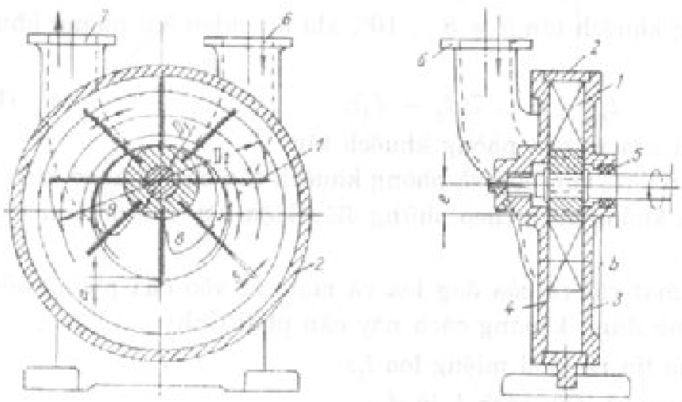
trong đó D_2 và D_1- đường kính ngoài và trong của guồng; m, a- độ nhúng chìm cực tiểu của cánh trong vòng nước, m; Z- số cánh guồng, l- chiều dài hướng bán kính của cánh guồng $l = (D_2 - D_1)/2$, m; S- chiều dày cánh guồng, m; b- chiều rộng cánh guồng, m; n- số vòng quay trong một phút; η_o- hiệu suất thể tích = 0,96.

Để tính toán công suất trên trục sử dụng công thức chung:

$$N = (QH)/\eta.$$

Hiệu suất của bơm chân không vòng nước thường không quá 0,50.

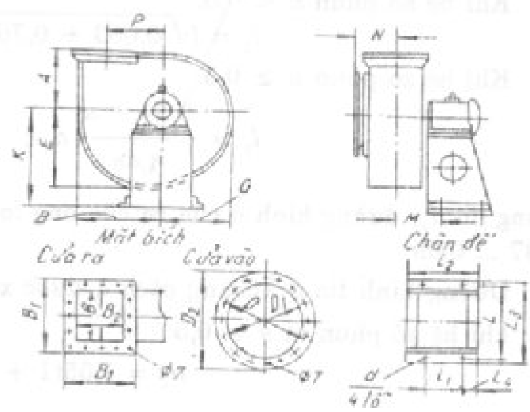
Bơm chân không vòng nước có thể đạt được độ chân không 92% (ở 20°C), về lý thuyết có thể đạt được độ chân không 98%.



Hình II.45a. **Bơm chân không vòng nước:**
1 - cánh làm việc 2 - vỏ; 3,4- nắp; 5- đệm trục; 6- ống hút; 7- ống đẩy

§6. Bảng tra quạt, bơm chân không và máy nén (kích thước và đặc tính)

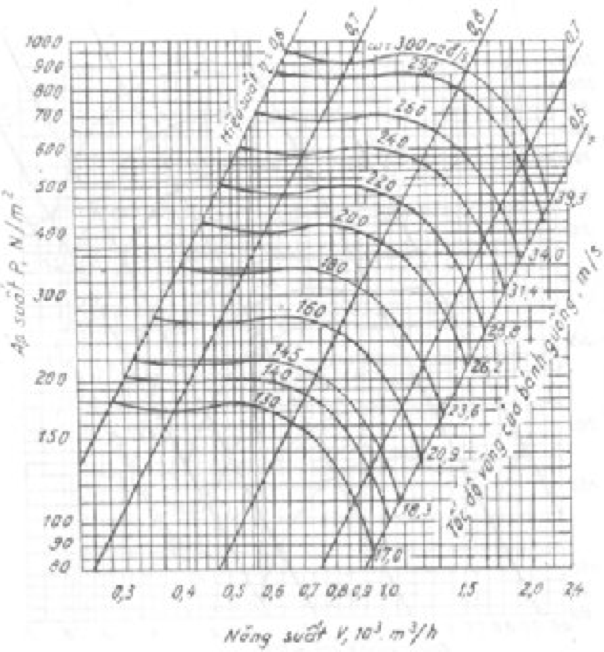
1. Quạt ly tâm Ц.4-70, N°$2^{1/2}$, 3, 4, 5, 6, 7; phân nhóm một.



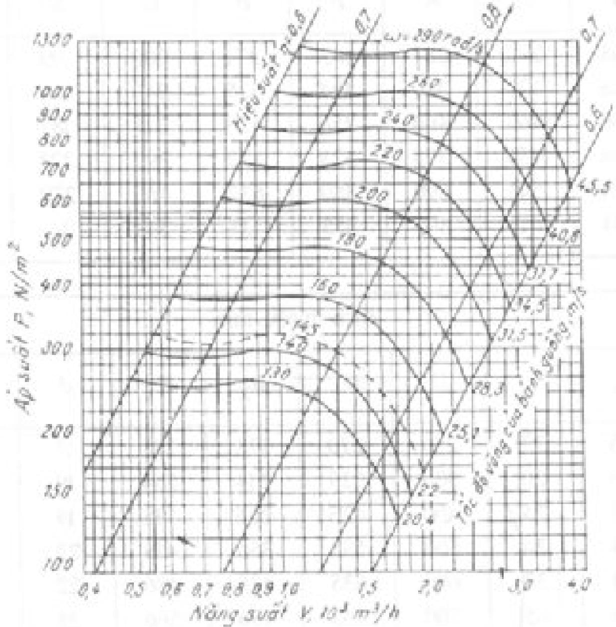
Hình II.46. Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm: Ц4-70, N°$2^{1/2}$, 3, 4, 5, 6, 7

Số hiệu quạt N°	Kích thước, mm									
	A	E	K	P	B	G	N	M	L	L_1
2 1/2	188	232	287	162	271	200	109	129	225	175
3	228	277	350	194	325	240	136	162	270	210
4	288	365	460	258	428	315	181	197	360	280
5	358	455	375	323	532	390	221	255	450	350
6	421	541	690	389	632	460	270	290	540	420
7	504	613	805	453	737	541	311	334	630	490

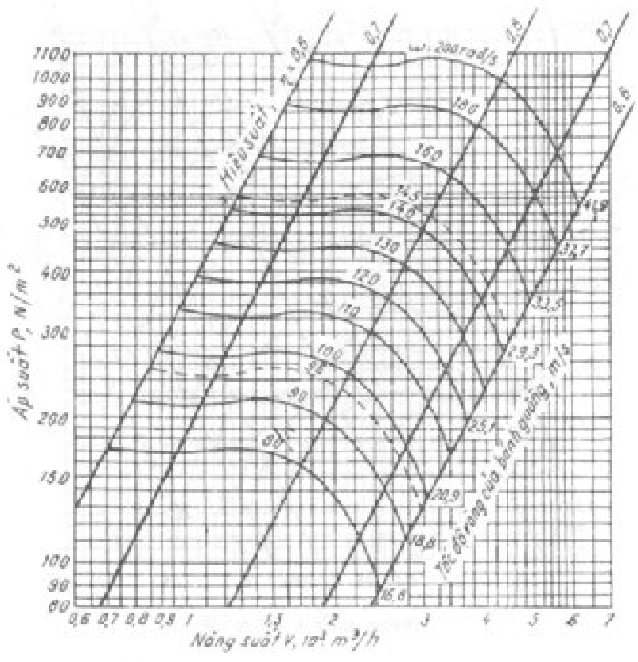
Số hiệu quạt N°	Kích thước, mm								Khối lượng kg
	L_2	L_3	L_4	D	D_1	B_2	B_1	d	Thép góc	
2 1/2	227	255	37	250	270	178	218	15	30 x 30 x 4	14
3	255	308	20	300	325	214	264	19	40 x 40 x 5	21
4	330	398	25	400	425	285	335	19	50 x 50 x 5	49
5	416	494	24	500	535	356	416	22	50 x 50 x 5	84
6	495	584	33	600	635	426	486	22	65 x 65 x 6	133
7	605	680	65	700	735	496	566	25	65 x 65 x 6	201



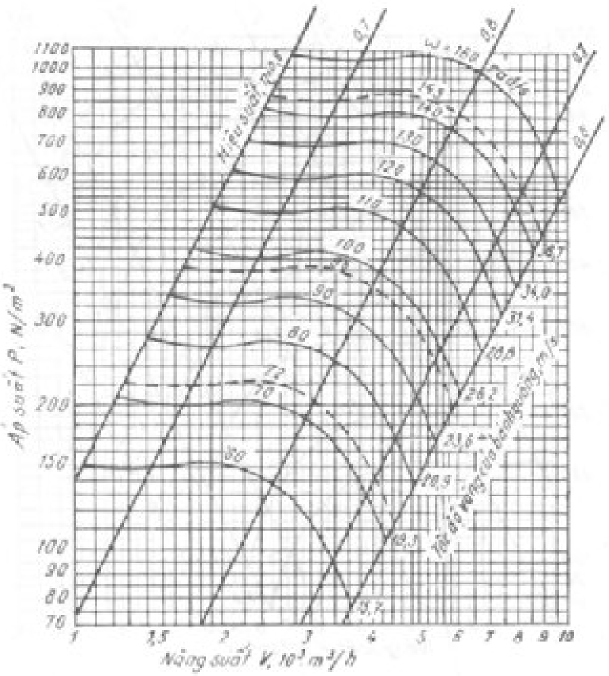
Hình II.46a. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N°2 1/2**



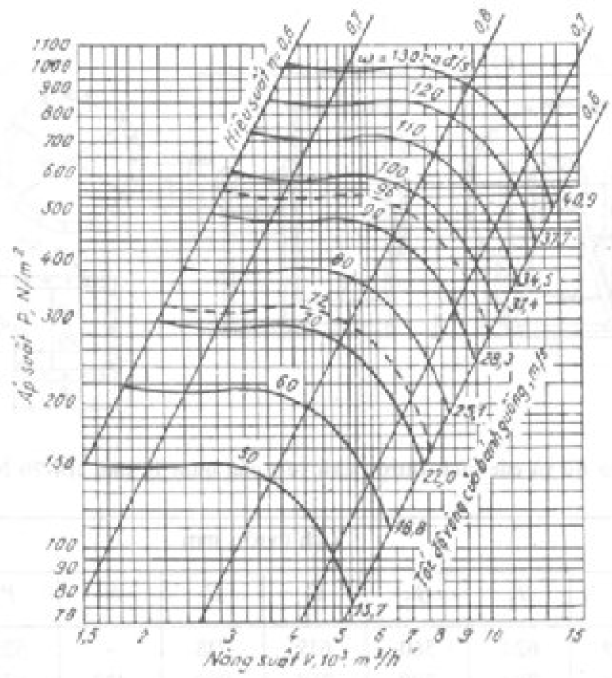
Hình II.47. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N°3**



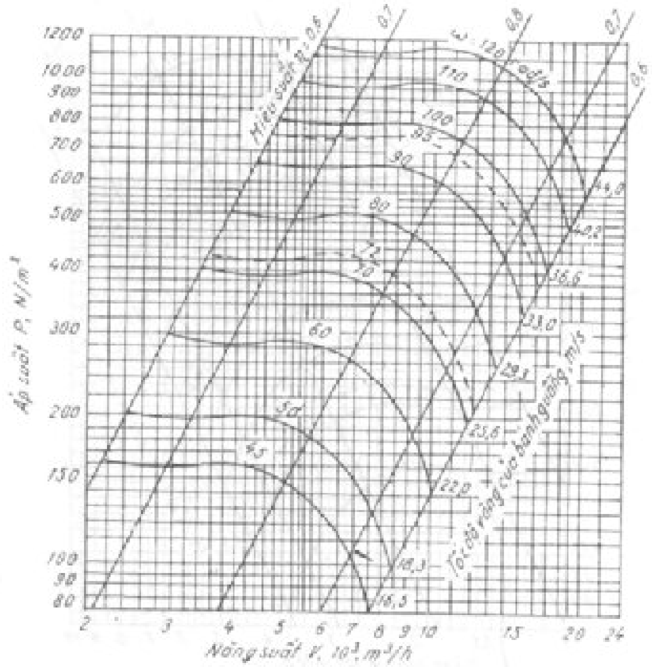
Hình II.48. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N°4**



Hình II.49. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N⁰5**

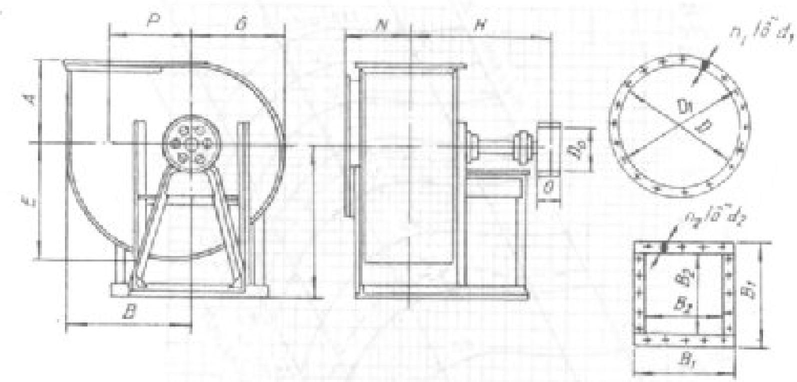


Hình II.50. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N⁰6**



Hình II.51. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N°7**

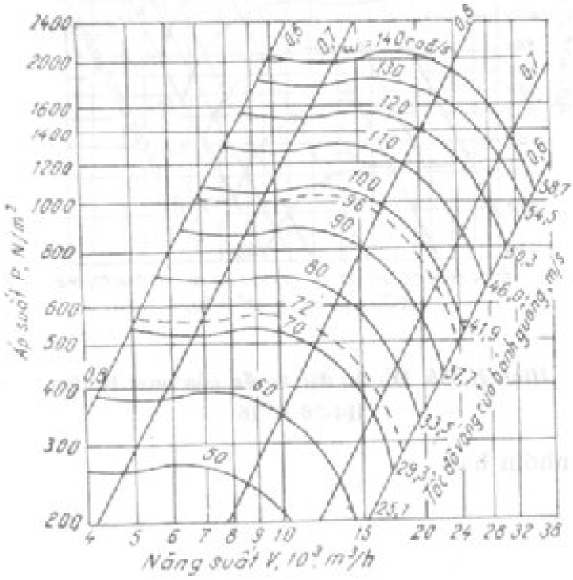
2. Quạt ly tâm Ц4-70 N°8, 10, 12; phân nhóm hai.



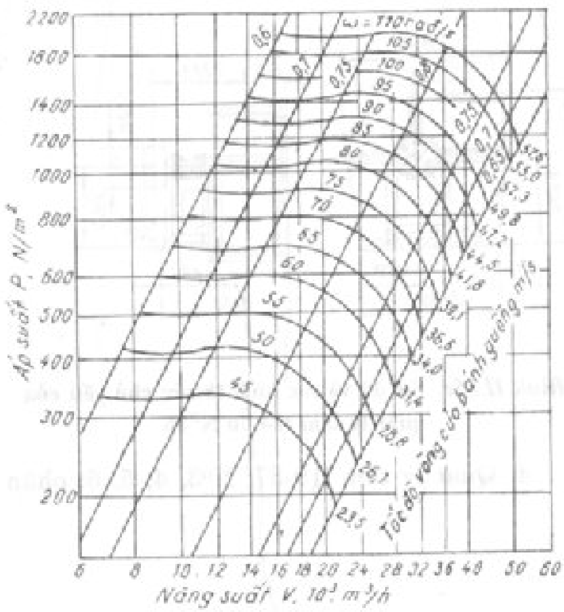
Hình II.52. **Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm Ц4-70 N°8 , 10, 12**

Số hiệu quạt N°	Kích thước, mm									
	A	B	B_1	B_2	G	E	N	P	K	H
8	518	839	624	560	615	718	–	520	890	–
10	650	1018	784	700	768	888	433	650	1130	1057
12	769	1918	924	840	918	1068	503	780	1330	1155

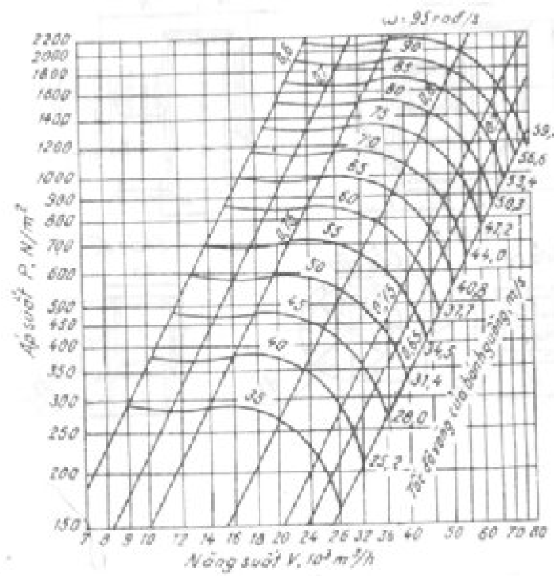
Số hiệu quạt N°	Kích thước, mm				Số lỗ		Khối lượng kg	Bánh đai bình thường			
	D	D_1	d_1	d_2	n_1	n_2		D_o	O	rố rãnh	loại dây đai
8	820	850	9	8,5	–	16	–	315	190	7	B
10	1020	1060	12 × 20	12 × 20	16	20	522	315	190	7	B
12	1220	1260	12 × 20	12 × 20	20	24	703	500	236	7	Г



Hình II.52a. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N°8**

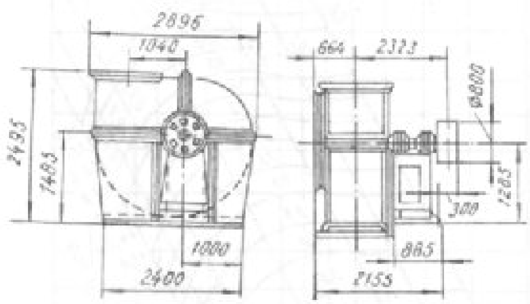


Hình II.53. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N°10**

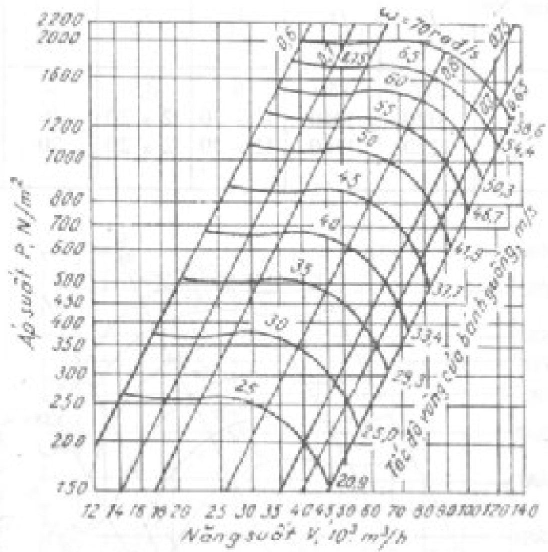


Hình II.54. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N°12**

3. Quạt ly tâm Ц4-70 N°16; phân nhóm hai

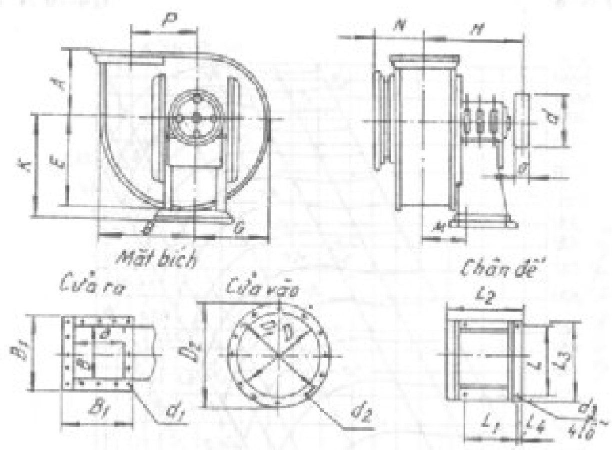


Hình II.55a. Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm Ц4-70 N°16



Hình II.55b. Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-70 N°16

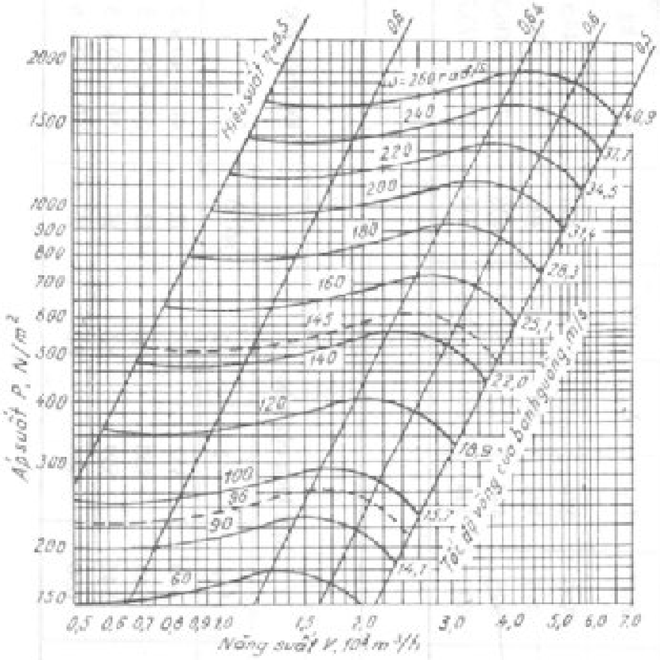
4. Quạt ly tâm Ц9-57, N°3, 4, 5, 6; phân nhóm hai



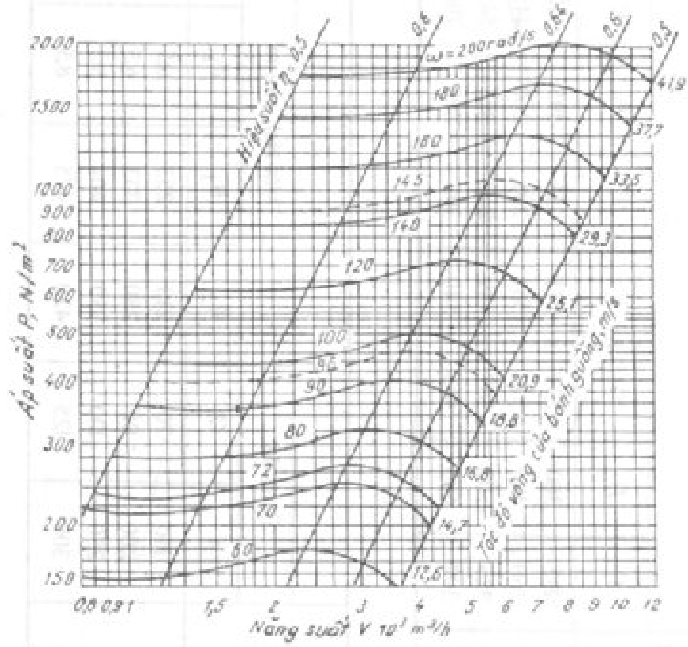
Hình II.56. Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm Ц9-57 N°3, 4, 5, 6

Số quạt Nº	Kích thước, mm															Khối lượng, kg
	A	B	G	E	N	P	K	L	L_1	L_2	L_3	L_4	M	H	d_3	
3	195	300	233	271	151	195	340	215	215	300	276	15	142	341	13	44,5
4	260	400	310	361	201	260	445	270	270	375	394	20	183	393	17	73,5
5	325	500	387	449	252	325	545	325	325	425	444	22	212	438	17	106,3
6	392	600	465	540	302	390	700	390	390	500	514	26	253	510	20	173,7

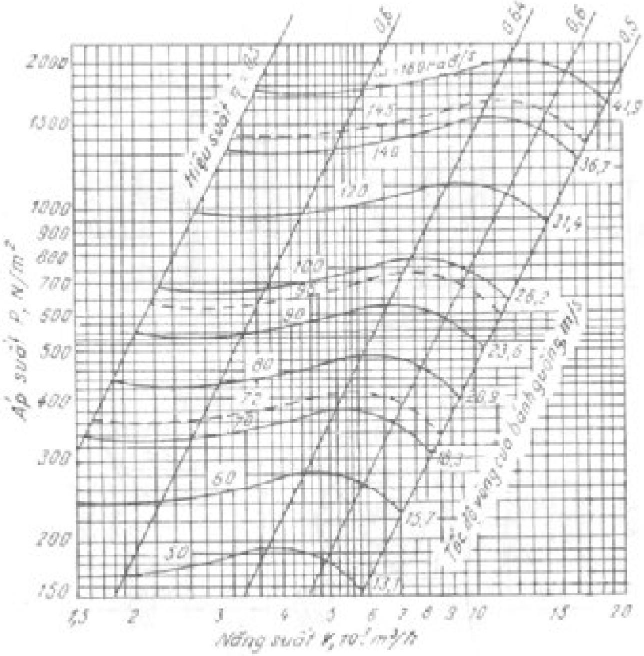
Số quạt Nº	Bánh đai		Mặt bích cửa ra				Mặt bích cửa vào					Đế thép góc
	d	O	B_2	B_1	d_1	số lỗ	D	D_1	D_2	d_2	số lỗ	
3	160	70	210	253	6,5	8	312	340	352	6,5	12	40 × 40 × 5
4	200	80	280	333	6,5	12	408	445	458	6,5	12	50 × 50 × 5
5	250	100	350	404	8,5	16	509	545	559	8,5	16	50 × 50 × 5
6	300	125	420	475	8,5	16	616	650	666	8,5	16	60 × 60 × 6



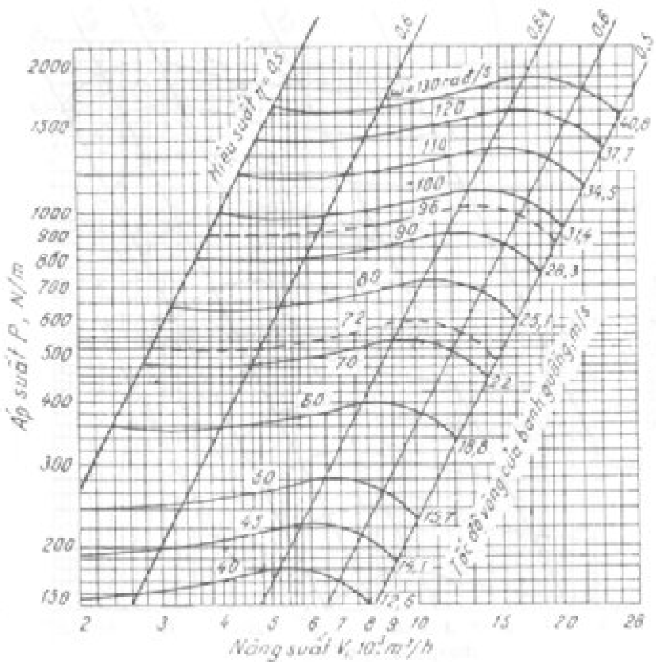
Hình II.56a. Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц9-57 N°3



Hình II.57. Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц9-57 N°4

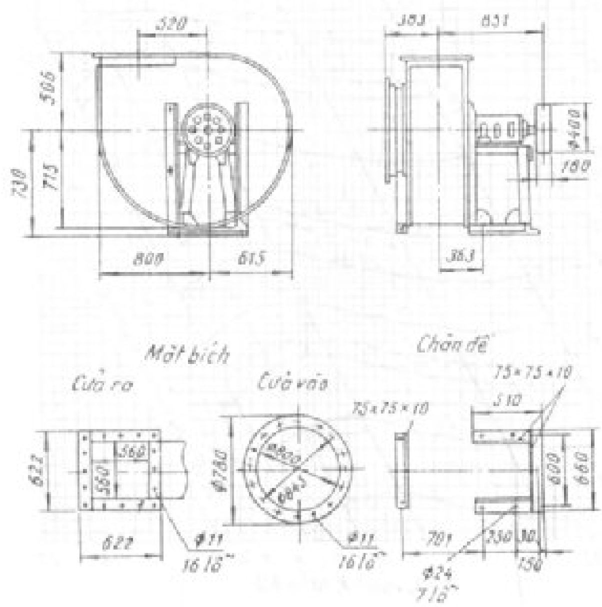


Hình II.58. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц9-57 N^{O}5**

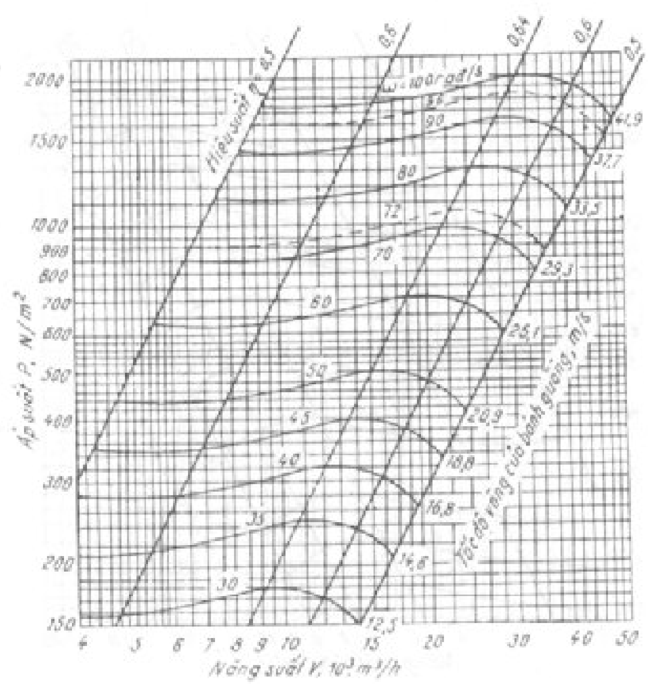


Hình II.59. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц9-57 N^{O}6**

5. Quạt ly tâm Ц9-57 N°8; phân nhóm hai

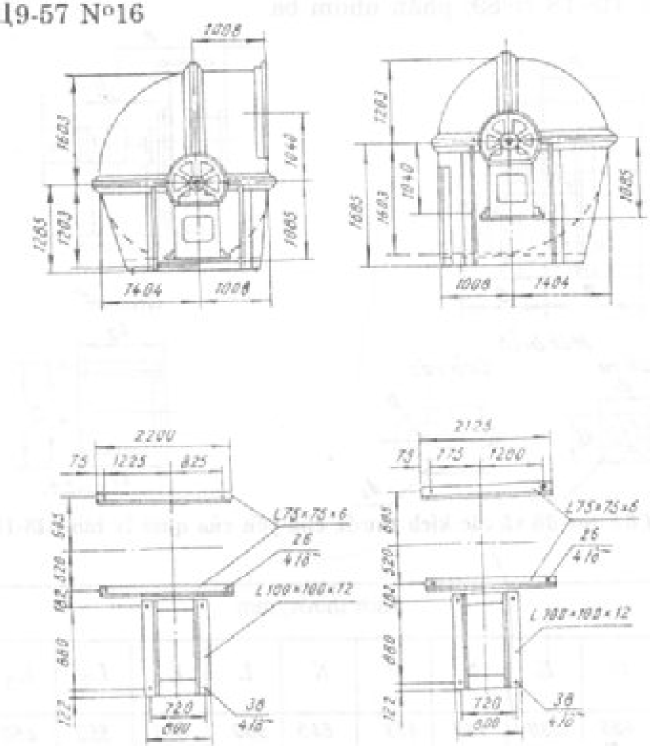


Hình II.60. **Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm Ц9-57 N°8**

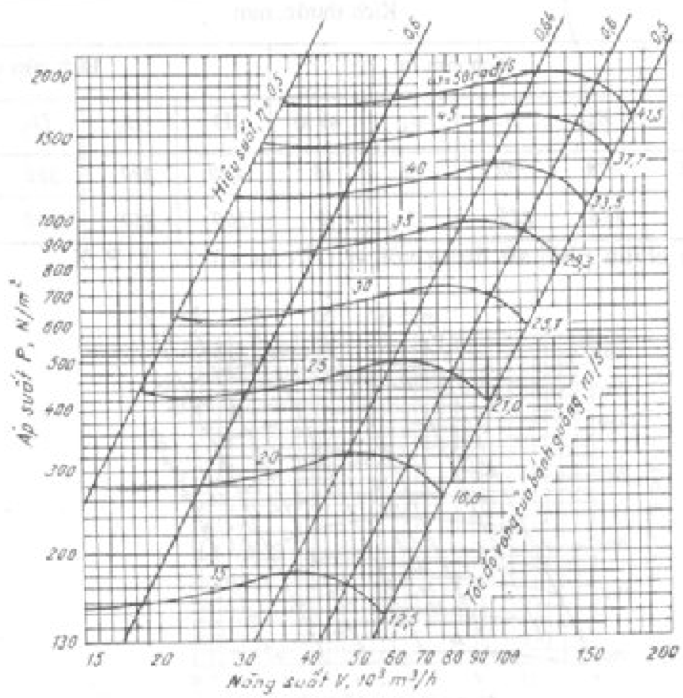


Hình II.60a. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц9-57 N°8**

6. Quạt ly tâm Ц9-57 N°16

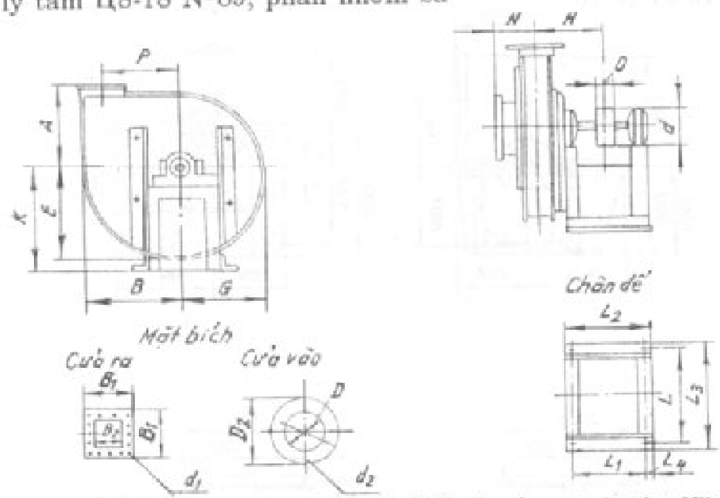


Hình II.61. **Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm Ц9-57 N°16**



Hình II.61a. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц9-57 N°16**

7. Quạt ly tâm Ц8-18 N°89; phân nhóm ba

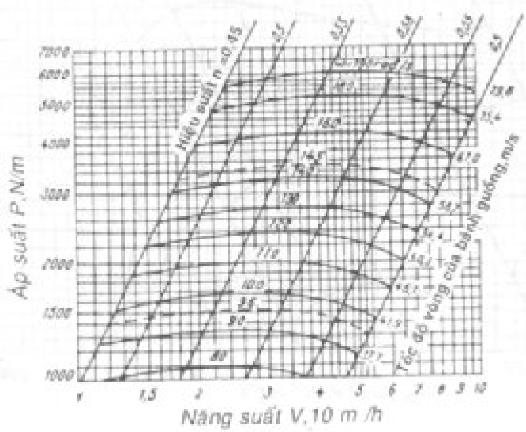


Hình II.62. **Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm Ц8-18 N°8, 9**

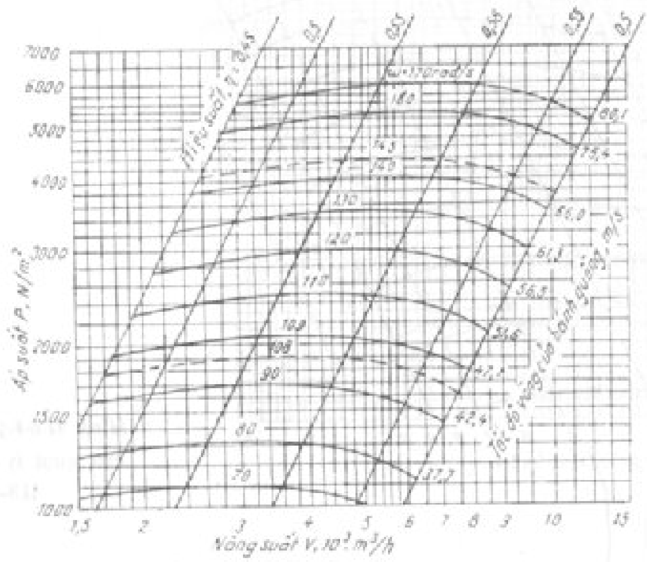
Số quạt N°	Kích thước, mm													Khối lượng, kg
	A	B	G	E	N	P	K	L	L_1	L_2	L_3	L_4	H	
8	482	612	486	530	179	473	645	580	350	550	650	100	400	270
9	493	625	537	581	186	523	705	580	350	550	650	100	420	363

Số quạt N°	Kích thước, mm										
	Bích đai		Bích cửa ra				Bích cửa vào				
	d	O	B_1	B_2	d_1	số lỗ	D	D_1	D_2	d_2	số lỗ
8	225	175	278	200	13	16	270	330	360	13	8
9	225	175	278	225	13	16	300	350	380	13	8

Quạt quay theo chiều phải sử dụng với vị trí của vỏ: L, T, P, X.

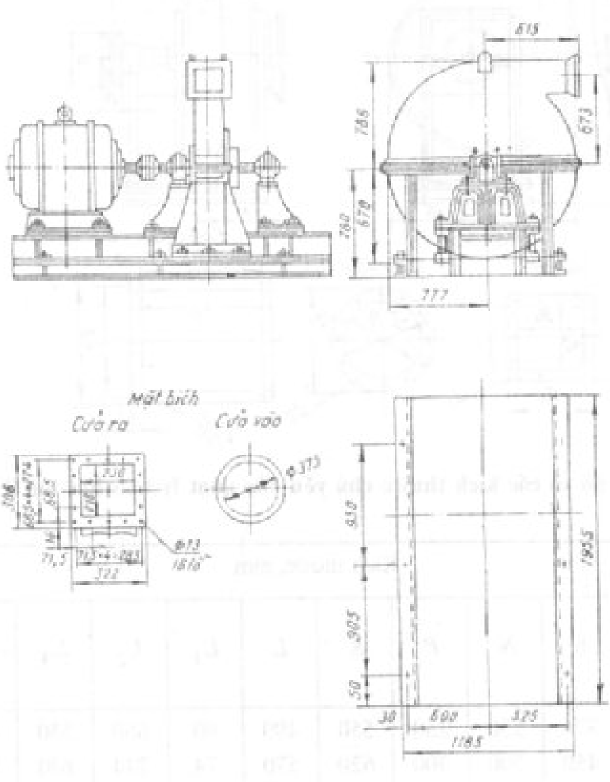


Hình II.62a. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm áp suất cao Ц8-18 N°8**

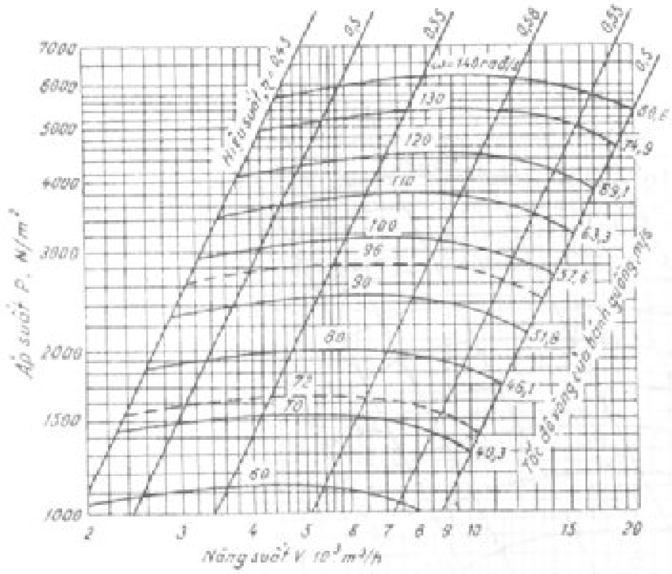


Hình II.63. Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm áp suất cao Ц8-18 N°9

8. Quạt ly tâm áp suất cao Ц8-18 N°11; phân nhóm sáu

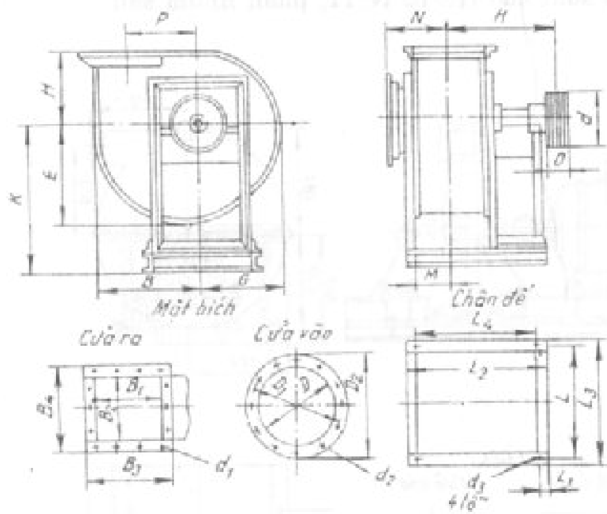


Hình II.64. Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm áp suất cao Ц8-18 N°11



Hình II.64. Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm áp suất cao Ц8-18 N°11

9. Quạt ly tâm dùng để quạt bụi ЦП7-40 N°5, 6, 8



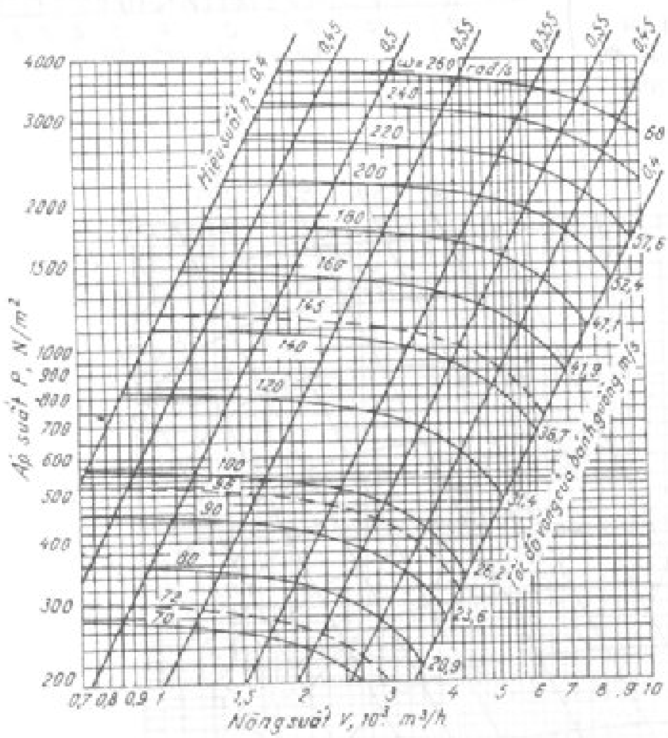
Hình II.65. Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm hút bụi ЦП7-40

Số hiệu quạt N°	Kích thước, mm													
	A	B	G	E	N	P	K	L	L_1	L_2	L_3	L_4	M	H
5	300	405	338	376	250	250	550	490	80	660	530	500	128	500
6	350	486	405	450	300	300	620	570	74	744	610	600	170	560
8	475	644	535	595	400	400	820	710	58	1048	760	900	227	774

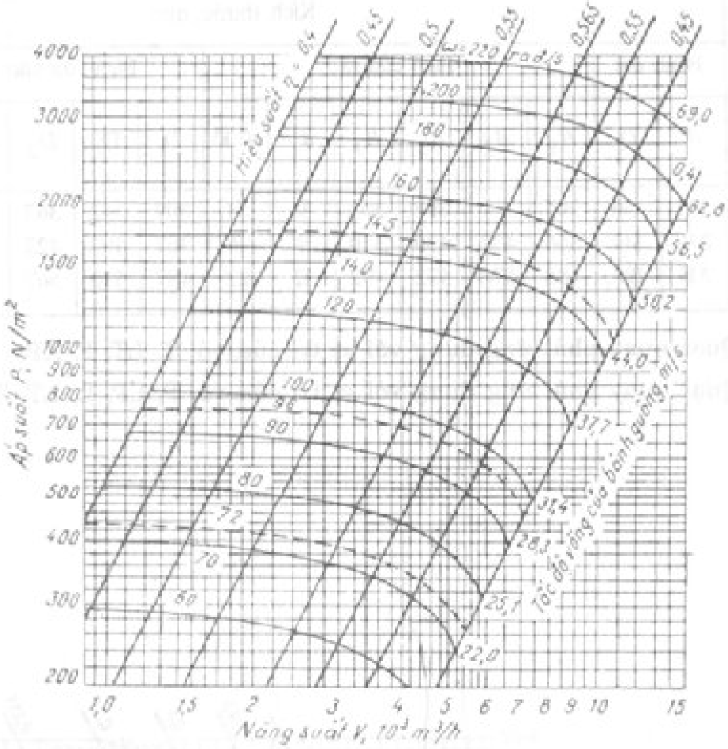
Số hiệu quạt N°	Kích thước, mm															Khối lượng, kg
	Bánh đai		Bích cửa ra						Bích cửa vào				Đế			
	d	O	B_1	B_2	B_3	B_4	d_1	số lỗ	D	D_1	D_2	d_2	số lỗ	d_3	thép chữ U	
5	180	156	305	370	368	308	9	14	307	342	367	9	12	18	N°10	172
6	230	144	366	432	430	370	9	16	367	402	427	9	12	18	N°10	278
8	315	198	488	578	572	492	12	22	487	530	567	12	12	20	N°12	571

Quạt quay phải ứng dụng với vị trí của vỏ: T, LT, P, XP.

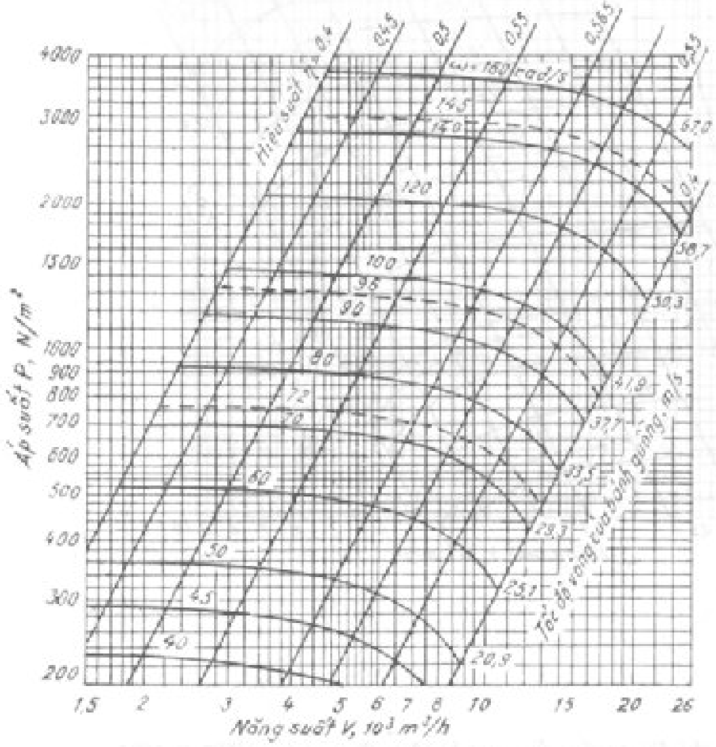
Quạt quay phải ứng dụng với vị trí của vỏ: P, LP, L, LT, T, XT.



Hình II.65a. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm để quạt bụi ЦП7-40 N°5**

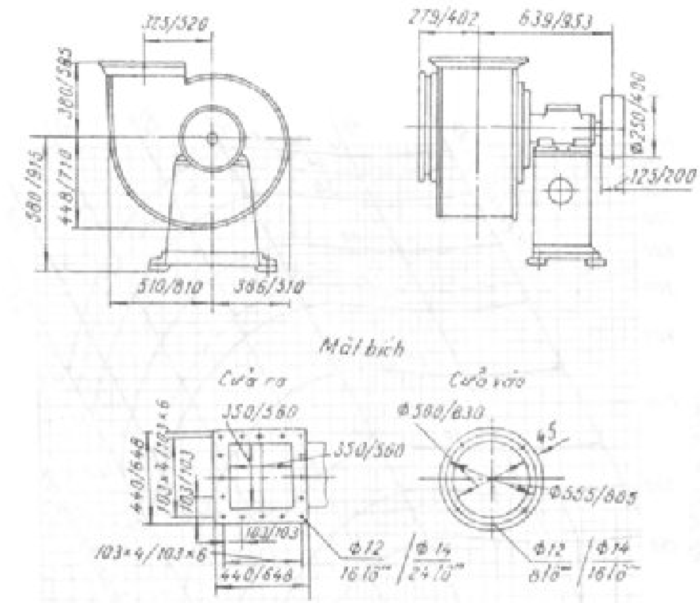


Hình II.66. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm để quạt bụi ЦП7-40 N°6**

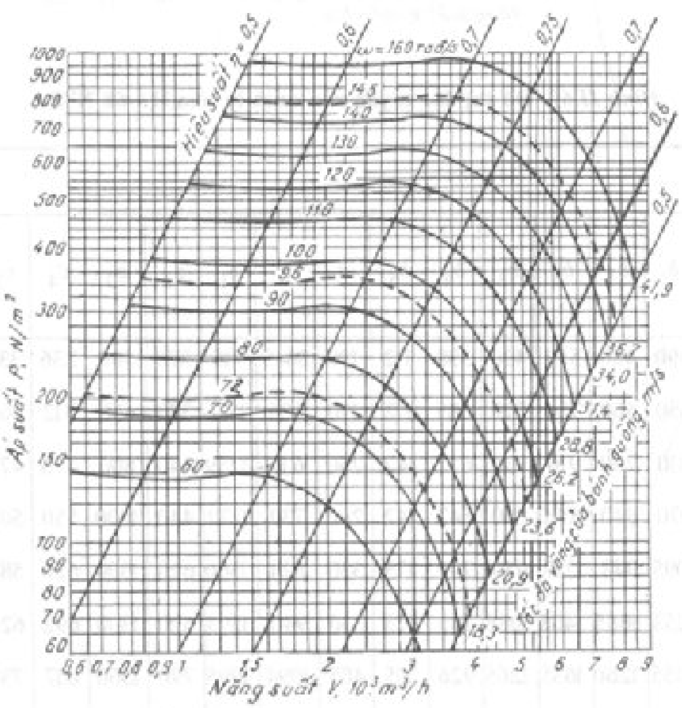


Hình II.67. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm để quạt bụi ЦП7-40 N°8**

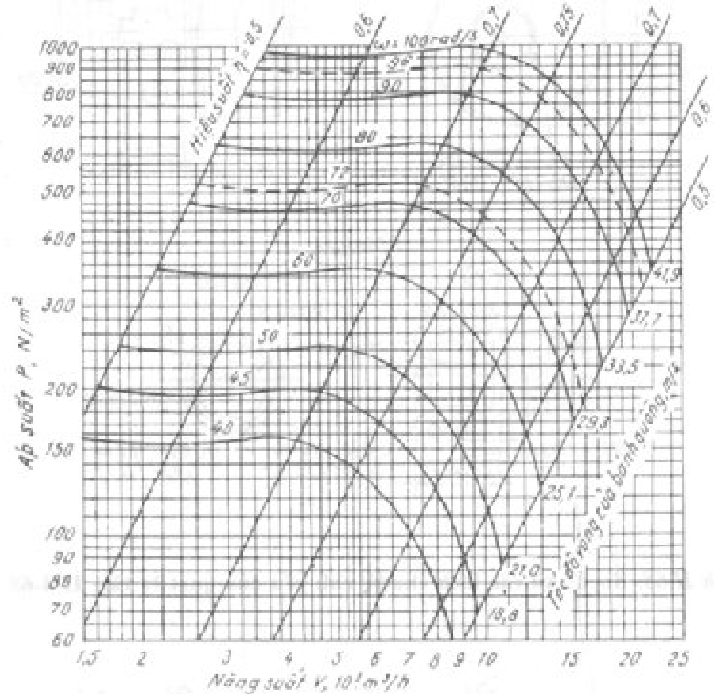
10. Quạt ly tâm Ц4-68 N°5, 8 làm bằng chất dẻo (vinylclorua); phân nhóm hai



Hình II.68. **Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt ly tâm Ц 4-68**



Hình II.68a. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц 4-68 N°5**

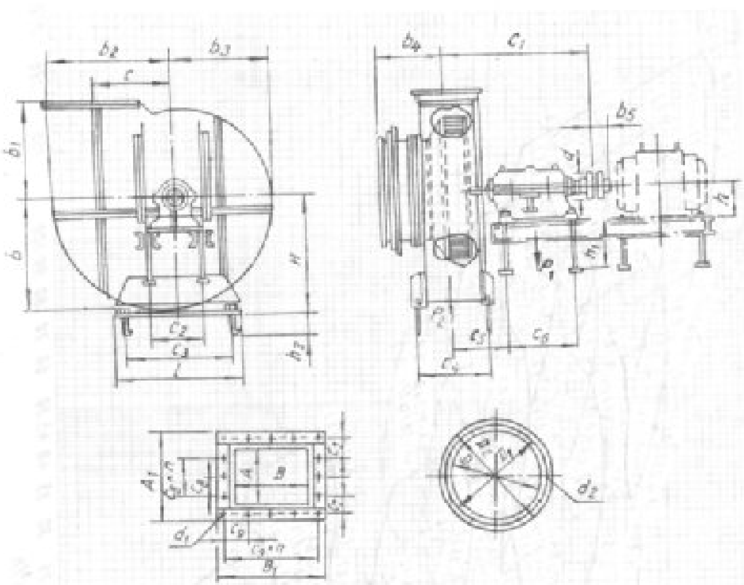


Hình II.69. **Đồ thị đặc tuyến của quạt ly tâm Ц4-68 N°8**

Kích thước,

Số hiệu quạt	h	h_1	h_2	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	d	c	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	L	khối lượng kg
6	236	–	–	490	420	550	430	338	112	190	3645	918	370	500	236	339	370	600	330
8	236	–	–	650	560	730	570	385	112	190	486	1326	370	650	312	362	370	750	498 / 437
10	280	400	250	810	700	910	710	627	142	260	610	1259	440	800	476	474	520	1000	990 / 860
12	280	400	250	970	840	1090	850	547	142	260	730	1271	440	1000	550	506	520	1200	1255 / 1060
13,5	375	600	350	1095	945	1210	950	749	175	330	821	1560	620	1300	620	585	700	1500	2135 / 1888
15,5	375	600	350	1253	1085	1408	1088	785	175	330	940	1595	620	1300	692	620	700	1500	2447 / 2122
18	500	700	340	1455	1260	1635	1265	926	215	405	1094	1995	790	1560	817	735	960	1800	4338 / 3836
20	500	700	340	1615	1400	1815	4105	964	215	405	1215	2033	490	1560	892	773	960	1800	4805 / 4155

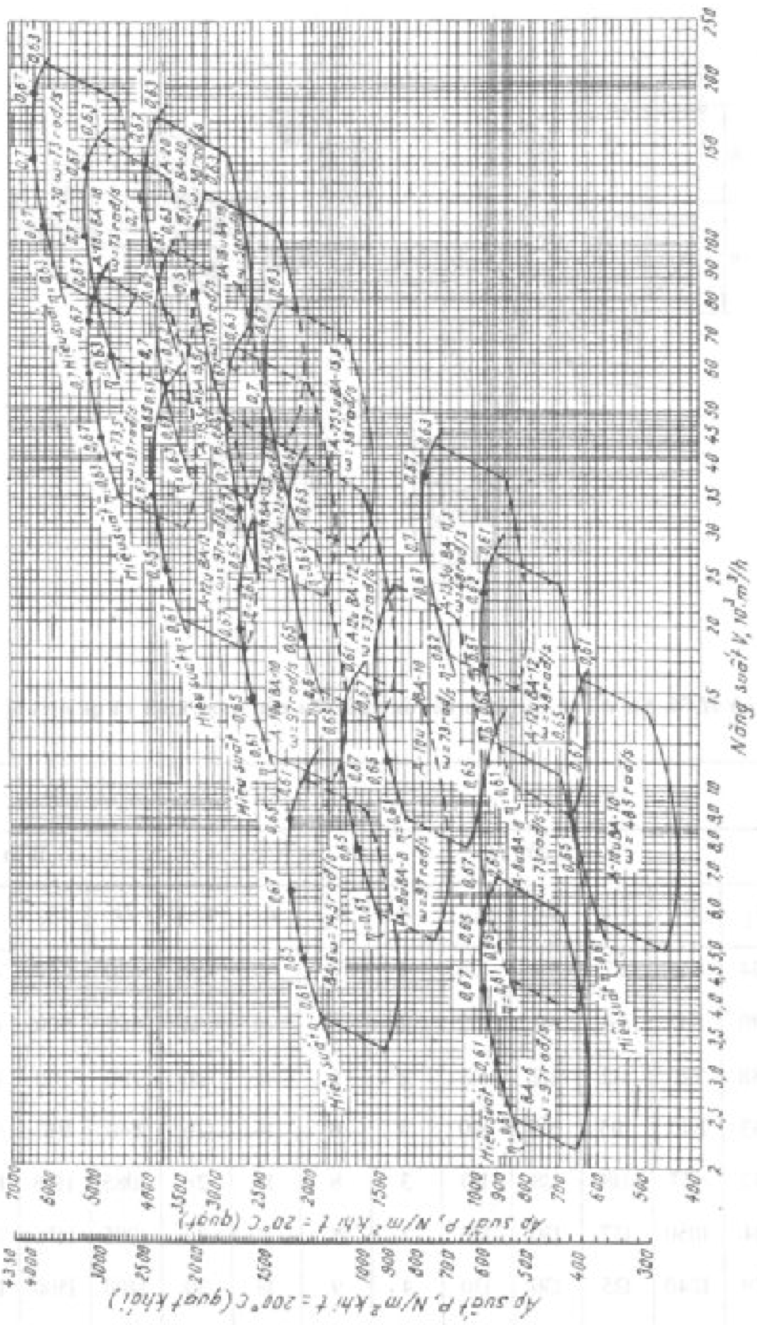
11. Quạt khói và quạt thổi khí N°6, 8, 10, 12, $13^{1/2}$, $15^{1/2}$, 18, 20



Hình II.70. Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt khói và quạt thổi khí

mm

Bích cửa ra											Bích cửa vào				
A	B	A_1	B_1	C_7	C_8	C_9	n	n_1	d_1	số lỗ	D	D_1	D_2	d_2	số lỗ
226	351	314	448	97	94	104	1	4	11	14	420	460	490	11	12
300	468	390	563	90	90	107	2	5	11	18	560	600	630	11	12
376	580	488	720	112	112	113	2	6	14	20	700	760	800	14	16
450	700	563	840	105	105	100	3	8	14	26	840	910	950	14	16
508	790	642	933	118	118	110	3	8	14	26	1085	1176	1220	14	16
580	907	714	1050	137	130	125	3	8	14	26	1085	1176	1220	14	16
675	1053	839	1240	125	130	130	4	9	18	30	1400	1500	1550	18	24
750	1170	912	1357	141	140	143	4	9	18	30	1400	1500	1550	18	24



Hình II.70a. **Đặc tuyến để chọn quạt khói và quạt thổi khí**

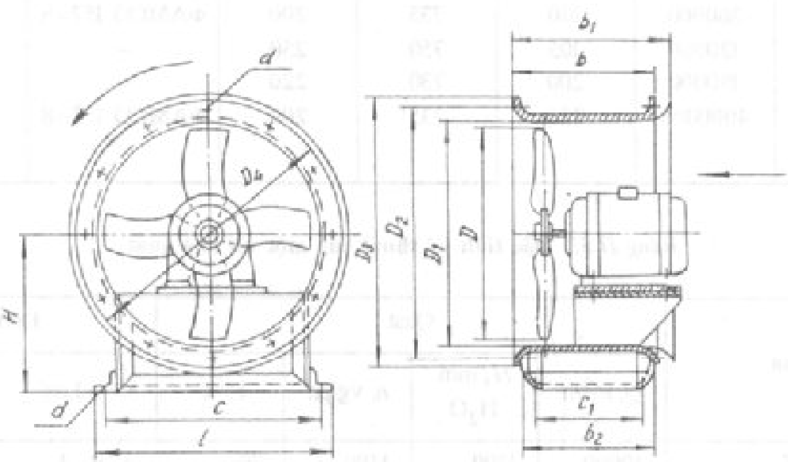
Bảng II.52. **Đặc tính kỹ thuật của một số quạt khói (dùng cho lò quay sản xuất ximăng)**

Loại quạt	Quạt				Động cơ	
	Năng suất Q, m^3/h	Áp suất H, mm H_2O	Số vòng quay n, vg/ph	Nhiệt độ t, °C	Loại	Công suất, kW
ДН 18 x 2	270000	150	735	200	A 104–8	160
Y – 14	576000	220	750	200	ДНО– 148/10	800
ДН 21 x 2	360000	190	735	200	ФАМСО 157–8	320
L 500d	120000	105	750	250	–	100
ДН 18 x 2	180000	200	730	220	–	245
ДН 21 x 2	4000000	220	735	200	ФАМСО 157–8	320

Bảng II.53. **Đặc tính kỹ thuật của một vài loại quạt**

Loại quạt	Quạt				Động cơ	
	Q, m^3/h	H, mm H_2O	n, vg/ph	t, °C	Loại	Công suất, kW
BM 75/1200–15	40000	1300	1480	70	A 111–4	250
BM 75/1200–15	40000	450	980	150	AO–94–6	75
BM 50/1000–15	30000	1050	1480	70	A 103–4	200
BM 75/1200–15	60000	1300	1480	70	–	310
BM 75/120–15	60000	430	980	70	AK 130–6,	125
ST–13	32400	600	1470	70	380V	100
H–135	9900	560	1450	70	–	60
ST–13	32400	600	1470	70	–	100
ST–11	21600	600	1440	70	–	80
MTV8	13200	300	1440	60	–	40
BM–40/750–15	50000	700	1470	70	–	120
TV 10/7 loại II	18000	120	720	40	–	25
Д–10	25000	170	735	60	–	305
ME-700/1100	24000	175	950	60	–	850
ВД–12	30000	350	970	70	–	45
ДV–1000/330	60000	330	1500	60	ДАМ6–15–4	135
MTV–10	26000	300	980	50	–	40
HV 45/525	840	500	3000	20	–	1,5
BBD–240	240	500	2880	20	AO–42–2	2,8
BD–12	20000	300	980	60	AO–82	28
BBD–1000	1000	500	2880	20	AO–51–2	4,5

12. Quạt hướng trục MЦN°4, 5, 6, 7, 8, 10, 12



Hình II.71. **Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt hướng trục**

Số hiệu của quạt	Kích thước, mm															Khối lượng, kg
	H	b	b_1	b_2	l	C_1	D	D_1	D_2	D_3	D_4	d	Số lỗ	dl	Số lỗ	
4	280	178	260	175	405	135	400	408	435	458	500	7	6	12	4	11,2
5	340	188	280	185	500	145	500	508	535	558	620	7	6	14	4	18,0
6	420	235	350	291	590	235	600	606	650	580	730	7	12	14	4	28,1
7	470	330	293	325	680	270	700	709	750	785	855	9	16	14	4	39,3
8	550	425	498	420	840	325	800	808	850	873	975	9	16	23	4	83
10	670	490	570	470	990	400	1000	1010	1054	1076	1210	9	20	23	4	133
12	800	580	688	570	1170	500	1200	1212	1255	1280	1450	11	22	23	4	167,2

Chú thích : 1) ống hút không khí có thể nối với ống góp hay nối trục tiếp với quạt. Khi quạt làm việc không có ống hút và ống đẩy khí, cần phải có ống góp ở đầu vào và ống khuếch tán ở đầu ra;

2) quạt có thể đổi chiều quay, muốn thế ta có thể lật lại bánh guồng, thay đổi chiều quay của động cơ điện và thay đổi vị trí ống góp;

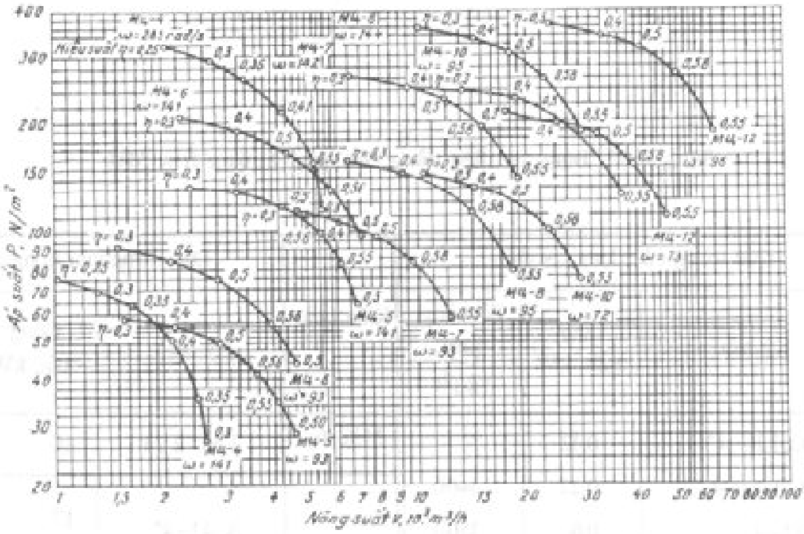
3) khối lượng của quạt cho trong bảng không kể động cơ điện.

Bảng II.54. **Bảng để chọn quạt hướng trục bốn cánh ЦАГ loại МЦ**

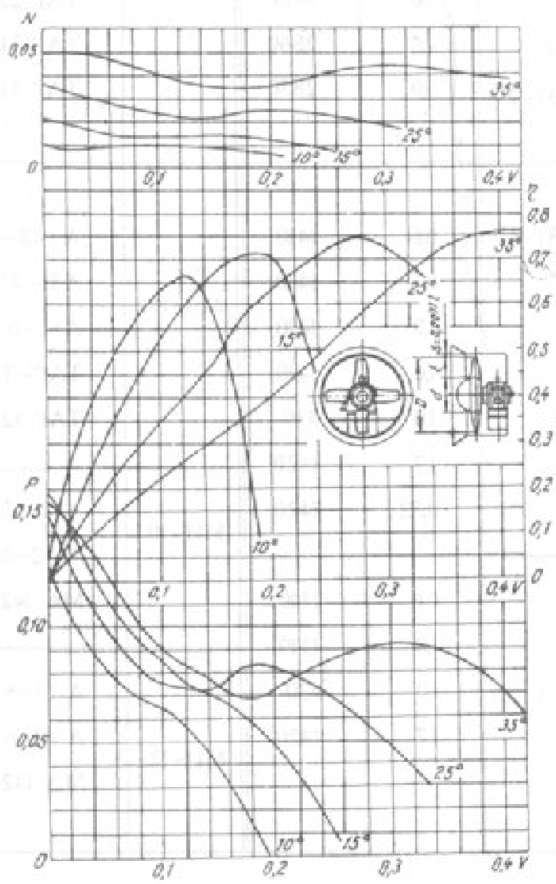
N° quạt	Lưu lượng, m^3/h	n = 960 vg/ph				n = 1450 vg/ph			
		ΔH, mm H_2O 3	Hiệu suất, η	N, kW	Động cơ điện	ΔH, mm H_2O	Hiệu suất η	N, kW	Động cơ điện
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N°4	1200	4	0,5	0,027					
	1400	4	0,55	0,028					
	1600	4	0,65	0,032					
	1800	4	0,66	0,03		9	0,5	0,09	
	2000	3,7	0,68	0,03		9,5	0,55	0,096	
	2400	3	0,62	0,032	N = 0,25 kW n = 1000 vg/ph	10	0,55	0,1	N = 0,25 kW n = 1470 vg/ph
	2600					9	0,66	0,1	
	2800					9	0,67	0,1	
	3000					8	0,68	0,1	
	3400					6,7	0,65	0,1	
	3800					4,7	0,57	0,085	
N°5	2500	6,3	0,55	0,088	N = 0,5 kW n = 960 vg/ph Loại АП –21/6				
	3000	6,7	0,65	0,088					
	3500	6	0,67	0,087		14,7	0,5	0,27	
	4000	5	0,67	0,087	N = 0,25 kW n = 1000 vg/ph	15,7	0,55	0,3	
	4500	4,2	0,65	0,083		16	0,65	0,31	N = 0,62kW n = 1430 vg/ph Loại АНГ–42
	5000	2,7	0,53	0,501		15,6	0,66	0,31	
	5500					14,0	0,67	0,32	
	6000					12,5	0,67	0,30	
	6500					11	0,66	0,3	
	7000					9,7	0,63	0,28	
	7500					7	0,55	0,26	
N°6	4600	9	0,48	0,21					
	5000	10	0,62	0,22					
	6000	9	0,67	0,22	N = 0,5 kW n = 960 vg/ph Loại АЛ - 21/6	21	0,5	0,7	N = 1kW n = 1450 vg/ph Loại АЛ –21/6
	7000	8	0,66	0,23		22	0,57	0,75	
	8000	6	0,63	0,21		23	0,65	0,79	
	9000	3	0,45	0,17		21	0,66	0,8	
	11000					16,5	0,66	0,74	

Tiếp bảng II.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	12000					14	0,64	0,73	
	13000					10	0,55	0,65	
	14000					6	0,4	0,58	
N°7	7000	13	0,55	0,46	N = 0,5 kW n = 960 vg/ph Loại АД 21/6				N = 2,2 kW n = 1450 vg/ph Loại АД 31/4
	8000	14	0,65	0,48					
	9000	13	0,67	0,48		27	0,4	1,7	
	10000	12	68	0,48		28	0,5	1,55	
	12000	9	0,65	0,46		31	0,64	1,6	
	14000	5	0,46	0,42		29	0,66	1,7	
	16000					26	0,67	1,73	
	18000					22	0,66	1,67	
	20000					17	0,62	1,5	
	21000					12	0,52	1,35	
N°8	10000	16,5	0,53	0,86	N = 0,7 kW n = 960 vg/ph Loại АЛ 0–22/6				N = 3,4 kW n = 1450 vg/ph Loại АД 0–41/4
	12000	17	0,59	0,93					
	14000	16	0,64	0,94		35	0,49	2,0	
	16000	14,5	0,67	0,94		37,5	0,55	3	
	18000	12	0,66	0,9		38	0,58	3,2	
	20000	8	0,58	0,8		36,5	0,62	3,3	
	22000					35	0,65	3,2	
	24000					32,5	0,68	3,1	
	26000					30	0,67	3,1	
	28000					25	0,65	2,9	
	30000					20	0,59	2,8	
N°10	20000	26	0,55	2,6	N = 35 kW n = 960 vg/ph Loại АД –42/6				
	22000	26	0,57	2,8					
	24000	25,7	0,59	2,8					
	26000	25	0,62	2,9					
	28000	24	0,65	2,9					
	30000	23	0,68	2,8					
	32000	22	0,67	2,8					
	34000	21	0,67	2,9					
	36000	18	0,66	2,7					
	38000	16	0,63	2,6					
	40000	12	0,55	2,4					



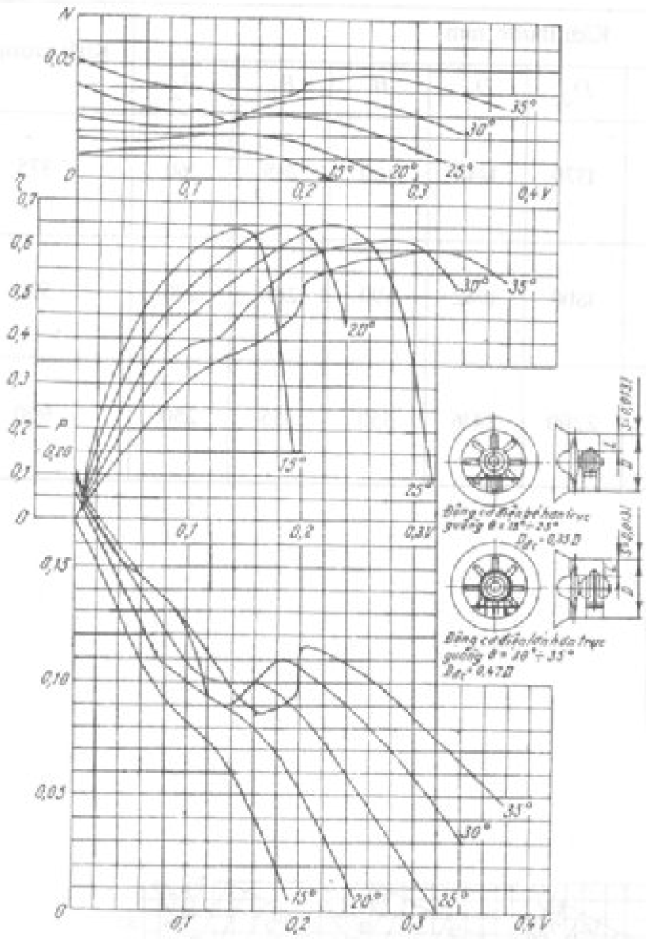
Hình II.71a. **Đồ thị để chọn quạt hướng trục AГЦ loại MЦ**



Hình II.72. **Đặc trưng không thứ nguyên của quạt hướng trục loại Ц3-04 với tỉ số đường kính thân guồng và đường kính bánh guồng bằng 0,4; số cánh guồng bằng 4 đối với góc nghiêng của cánh khác nhau**

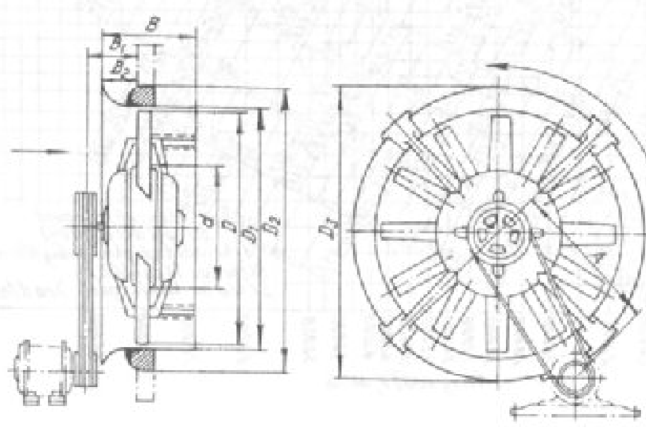
***Bảng II.55.* Động cơ điện dùng cho quạt hướng trục MЦ**

Kiểu quạt	Đặc trưng của động cơ điện		
	Ký hiệu	Công suất, kW	Số vòng quay, vg/ph
MЦ-4	АОЛ 11-4*	0,12	
	АОЛ 21-4	0,27	1400
	A31-4	0,6	1500
	AO31-4	0,6	1500
	AO32-4	1,0	1410
	AOL 32-4	1,0	2860
	A và AL 31-2*	1,0	2850
MЦ-5	A và AL 31-4*	0,6	1410
	AOL 3-4*	0,6	1410
	AL 32-4	1,0	1410
	AO 32-4	1,0	1410
	AOL 41-6	1,0	930
	A41-4	1,7	1420
	ТАГ 12/4	0,52	1420
MЦ-6	A310-4	0,6	1410
	A32-4*	1,0	1410
	A41-6	1,0	930
	A41-4	1,7	1420
MЦ-6	ТАГ 21/4	1,0	1420
MЦ-7	A 41-4*	1,7	1420
	A 41-6	1,7	980
	ТАГ 22/4	1,4	1440
	ТАГ 31/6	1,7	970
	ТАГ 31/4	2,3	1450
MЦ-8	A-42-4*	2,8	1420
	A51-4*	4,5	1440
	A52-6	4,5	950
	ТАГ-31/6	1,7	960
	ТАГ 32/4	3,5	1460
MЦ-10	A51-6*	2,8	950
	A 52-6	4,5	950
	MA 142-2/8	4,0	720
MЦ-12	A 61-8	4,5	730
	A 61-6	7,0	970
	MA 142-2/6	5,5	965



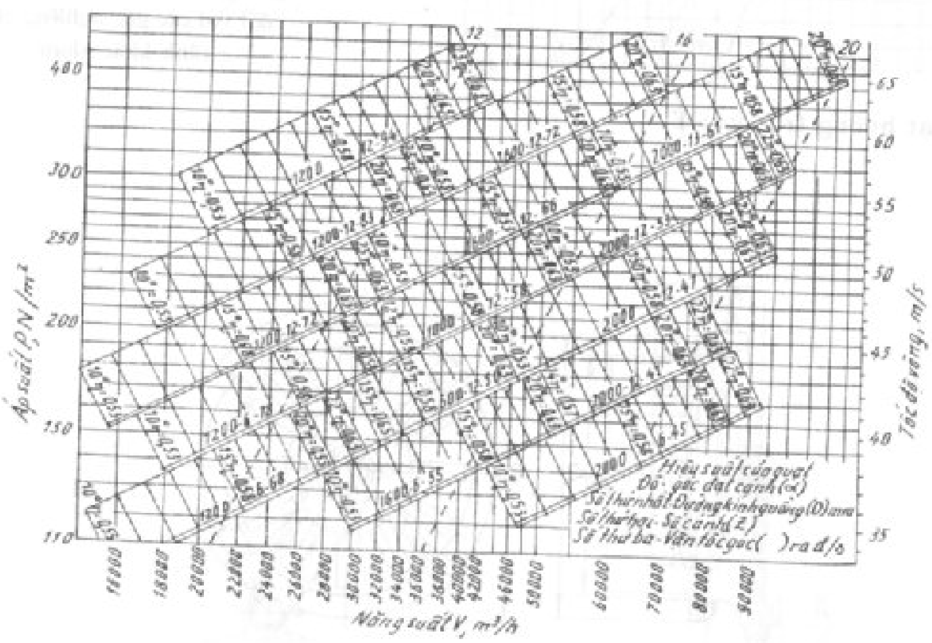
Hình II.73. Đặc trưng không thứ nguyên của quạt hướng trục loại YK-2 với tỉ số đường kính thân guồng với cánh guồng là 0,45 và số cánh là 8 đối với các góc nghiêng của cánh khác nhau

13. Quạt hướng trục loại Y



Hình II.74. Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của quạt hướng trục loại Y

Số hiệu quạt N°	Kích thước, mm								Khối lượng, kg
	D	d	D_1	D_2	D_3	B	B_1	B_2	
12	1200	600	1210	1370	1440	460	215	160	375
16	1600	800	1612	1800	1942	590	288	210	590
20	2000	1000	2015	2200	2416	650	355	250	900



Hình II-74a. **Đặc trưng của quạt hướng trục loại Y**

Bảng II.56. Bảng để chọn quạt ψ-12

Áp suất toàn phần, mm H_2O	Ký hiệu	Năng suất $Q.10^3 m^3 h$																					
		20	25	30	35	40		50		60			70		85		100		120	140	160	180	200
25	N^o	12	12	12	12	12	16	12	16	–	16	–	16	20	–	20	–	20	20	20	–	–	–
	θ^o	15	18	18	23	23	12	20	15	–	18	–	15	12	–	15	–	18	23	23	–	–	–
	n, vg/ph	725	725	725	725	726	600	950	500	–	600	–	725	500	–	500	–	500	500	500	–	–	–
	N_{dc}, kW	2,8	4,5	4,5	4,5	7,0	7,0	7,0	7,0	–	10	–	10	10	–	10	–	14	20	20	–	–	–
	η	0,58	0,6	0,61	0,62	0,62	0,58	0,6	0,6	–	0,61	–	0,58	0,58	–	0,6	–	0,6	0,62	0,62	–	–	–
	N, kW	2,2	2,7	3,1	3,6	4,1	5,4	5,3	6,3	–	7,6	–	7,7	7,7	–	9,0	–	10,5	12,3	14,3	–	–	–
30	N^o	12	12	12	1,2	12	16	12	16	–	16	20	16	20	16	20	16	20	20	20	20	–	–
	θ^o	18	20	23	18	20	15	18	12	–	20	12	23	15	20	18	23	20	23	20	23	–	–
	n, vg/ph	725	725	725	850	850	600	1050	725	–	600	500	600	500	729	500	725	500	500	600	600	–	–
	N_{dc}, kW	4,5	4,5	4,5	7,0	7,0	10	10	10	–	10	10	14	14	14	14	20	20	20	28	28	–	–
	η	0,54	0,58	0,6	0,61	0,62	0,58	0,59	0,58	–	0,61	0,58	0,62	0,58	0,61	0,	0,62	0,61	0,62	0,61	0,61	–	–
	N, kW	3,0	3,5	4,0	4,6	5,1	6,7	6,7	6,8	–	7,3	8,0	9,0	9,6	11,1	11,2	12,8	13,0	15,3	18,2	20,8	–	–
35	N^o	12	12	12	12	12		12	16	12	16	20	16	20	16	20	16	20	20	20	20	–	–
	θ^o	12	15	18	20	18		23	12	20	13	15	18	18	20	18	20	15	18	20	23	–	–

Tiếp bảng II.56

Áp suất toàn phần, mm H_2O	Ký hiệu	Năng suất $Q.10^3.m^3.h$																				
		20	25	30	35	40	50		60			70		85		100		120	140	160	180	200
35	n, vg/ph	850	850	950	1150	950	1050	725	1250	850	600	725	600	850	700	850	700	600	600	725	725	725
	N_{dc}, kW	7,0	7,0	7,0	7,0	10	10	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	28	40	40	40	55
	η	0,51	0,53	0,59	0,58	0,61	0,62	0,58	0,61	0,58	0,55	0,61	0,58	0,61	0,59	0,61	0,58	0,61	0,62	0,6	0,6	0,61
	N, kW	4,4	8,3	5,7	6,7	7,3	8,9	9,5	10,9	11,5	12,1	12,7	13,4	15,5	16,0	18,2	19,1	21,8	25,1	29,6	33,2	36,3
40	N°	12	12	12	12	12	12	16	12	16	20	16	20	16	20	16	20	20	20	20	20	20
	θ^o	12	15	18	15	12	18	15	23	18	12	20	15	23	15	18	18	20	23	20	23	23
	n, vg/ph	950	950	950	1050	1250	1150	725	1150	725	600	725	600	725	600	950	600	600	600	700	700	700
	N_{dc}, kW	7,0	7,0	7,0	10	10	14	14	14	20	20	20	20	20	20	28	28	28	40	40	55	55
	η	0,5	0,55	0,55	0,59	0,58	0,61	0,58	0,62	0,59	0,54	0,61	0,56	0,62	0,58	0,6	0,6	0,61	0,62	0,62	0,62	0,61
	N, kW	5,1	5,8	5,8	7,5	8,8	10,4	10,9	12,3	12,9	14,1	14,6	15,9	17,4	18,0	21,1	21,1	25,0	28,7	32,7	36,7	41,5
45	N°	12	12	12	12	12	12	16	12	16	20	16	20	16	20	16	20	20	20	20	20	20
	θ^o	12	12	12	12	18	23	12	20	20	15	15	15	18	18	18	12	15	18	20	23	23
	n, vg/ph	1050	1050	1050	1250	1050	1050	850	1250	725	600	850	600	850	600	950	725	725	725	725	700	750
	N_{dc}, kW	7,0	7,0	7,0	10	14	14	14	20	20	20	20	20	28	28	28	28	40	40	55	55	55
	η	0,5	0,55	0,55	0,59	0,6	0,62	0,58	0,61	0,58	0,52	0,6	0,54	0,61	0,56	0,61	0,59	0,6	0,6	0,62	0,62	0,62
	N, kW	5,7	6,5	6,5	8,5	9,6	11,5	12,3	14,0	14,7	16,4	16,7	18,5	20,0	21,7	23,3	24,1	28,5	33,5	37,0	41,5	46,0
505	N°	12	12	12	12	12	12	16	12	16	–	16	20	16	20	16	20	20	20	20	20	20
	θ^o	12	15	12	15	20	20	12	23	15	–	18	12	20	12	23	15	15	18	20	23	23

Tiếp bảng II.56

Áp suất toàn phần, mm H_2O	Ký hiệu	Năng suất $Q.10^3.m^3.h$																				
		20	25	30	35	40	50		60			70		85		100		120	140	160	180	200
50	*n*, vg/ph	1050	1050	1150	1150	1050	1150	850	1150	850	-	850	00	850	700	850	700	725	725	725	725	725
	N_{dc}, kW	7,0	10	10	16	14	20	20	20	20	-	28	28	28	28	40	40	40	55	55	55	75
	η	0,5	0,53	0,58	0,59	0,6	0,61	0,56	0,62	0,58	-	0,6	0,55	0,61	0,58	0,62	0,59	0,6	0,61	0,62	0,62	0,62
	N, kW	6,4	7,6	8,2	9,4	10,6	13,0	14,1	15,3	16,4	-	8,5	20,2	22,1	23,3	25,5	26,9	31,7	36,5	41,0	46,0	31,0
55	N°	–	12	12	12	12	12	16	12	16	-	16	20	16	20	16	20	20	20	20	20	–
	θ^o	–	12	15	15	15	20	15	20	12	-	18	12	20	12	23	15	18	18	20	23	–
	n, vg/ph	–	1150	1150	1150	1250	1150	850	1250	950	-	850	700	850	725	850	725	700	725	725	725	–
	N_{dc}, kW	–	10	10	14	14	20	20	20	20	-	28	28	28	28	40	40	40	55	55	75	–
	η	–	0,5	0,56	0,59	0,59	0,61	0,55	0,62	0,58	-	0,59	0,54	0,61	0,58	0,62	0,59	0,6	0,61	0,62	0,62	–
	N, kW	–	8,8	9,3	10,3	11,9	14,3	15,8	16,9	18,0	-	20,7	22,6	24,4	25,6	28,1	29,5	35,0	40,0	45,1	50,6	–
60	N°	–	-	12	12	12	12	16	12	16	–	16	20	16	20	16	20	20	20	20	20	–
	θ^o	–	-	12	18	15	18	18	23	18	–	20	12	18	15	20	15	18	20	23	23	–
	n, vg/ph	–	-	1250	1150	1250	1250	850	1250	850	–	850	700	950	700	950	725	725	725	700	750	–
	N_{dc}, kW	–	-	14	14	14	20	20	28	28	–	28	28	40	40	40	40	55	55	75	75	–
	η	–	-	0,56	0,56	0,59	0,61	0,52	0,62	0,55	–	0,58	0,53	0,6	0,55	0,62	0,58	0,6	0,61	0,62	0,62	–
	N, kW	–	-	10,2	11,8	12,9	15,6	18,3	18,4	208	–	23	25,1	30,0	29,5	30,6	32,8	38,0	43,8	49,0	55,1	–

Tiếp bảng II.56

Áp suất toàn phần, mm H_2O	Ký hiệu	Năng suất $Q.10^3.m^3.h$																				
		20	25	30	35	40	50		60			70		85		100		120	140	160	180	200
65	N^o	–	–	–	12	12	12	16	12	16		16	20	16	20	16	20	20	20	20	20	–
	θ^o	–	–	–	15	18	23	12	23	15	–	15	12	18	15	20	18	18	20	23	23	–
	n, vg/ph	–	–	–	1250	1250	1150	950	1250	950	–	950	725	950	725	950	700	725	725	725	750	–
	N_{dc}, kW	–	–	–	14	20	20	20	28	28	–	28	28	40	40	40	55	55	55	75	75	–
	η	–	–	–	0,58	0,58	0,6	0,54	0,62	0,56	–	0,58	0,52	0,6	0,55	0,62	0,55	0,59	0,61	0,62	0,62	–
	N, kW	–	–	–	12,4	14,3	17,1	19,3	20	22		24,9	27,8	32,2	32,0	33,2	37,5	41,8	47,5	53,2	59,8	–
70	N^o	–	–	–	–	–	12	16	12	16	–	16	20	16	20	16	20	20	20	20	–	–
	θ^o	–	–	–	–	–	20	15	23	15	–	18	15	20	15	23	18	20	20	23	–	–
	n, vg/ph	–	–	–	–	–	1250	950	1250	950	–	950	725	950	750	950	725	725	750	725	–	–
	N_{dc}, kW	–	–	–	–	–	20	28	28	28	–	40	40	40	40	55	55	55	75	75	–	–
	η	–	–	–	–	–	0,6	0,52	0,62	0,55	–	0,58	0,50	0,6	0,53	0,62	0,55	0,58	0,6	0,62	–	–
	N, kW	–	–	–	–	–	18,4	21,3	21,5	24,2	–	29,5	31,1	31,5	35,7	35,7	40,4	46,0	52,0	57,4	–	–
N^o của quạt																						
12	H	2,7	4,2	5,8	8,0	10,5	16,4		23,6			–		–		–		–	–	–	–	–
	V	6,6	8,2	9,8	11,4	13,1	16,4		19,7			–		–		–		–	–	–	–	–
16	H	–	–	–	–	3,4	5,2		7,5			10,2		15,0		20.6		–	–	–	–	–
	V	–	–	–	–	7,4	9,2		11,2			12,9		15,6		18,4		–	–	–	–	–
20	H	–	–	–	–	–	–		3,1			4,2		6,1		8,4		12,2	16,7	21,6	27,4	33,6
	V	–	–	–	–	–	–		7,1			8,3		10,0		11,8		14,1	16,5	18,8	21,2	13,5

13. *Bảng II.57.* **Bơm chân không vòng nước BHB**

Nhãn hiệu	Kích thước bánh guồng		Năng suất ở độ chân không cho theo % so với áp suất khí quyển, m^3/h				Độ chân không cực đại, %	Số vòng quay, vg/ph	Công suất động cơ điện, kW	Lưu lượng nước, l/ph	Khối lượng thiết bị không có động cơ điện, kg
	đường kính	chiều dài	0	60	80	90					
BHB-3	200	100	1,7	1,4	1	0	90	1450	6,8	7	155
BHB-4	200	210	3,5	3,0	2	0	90	1450	10	15	175
BHB-5	330	200	8	9	7,5	7	97	960	14,5	22	480
BHB-6	330	370	14	14	12,8	11	97	960	29	30	540
BHB-7	450	400	21	20,5	19	12,5	95	720	44	45	815
BHB-8	450	520	28	27	23	16	95	720	55	50	885

Bảng 14. Bảng II.58. **Bơm chân không vòng nước PMK**

Nhãn hiệu	Năng suất ở độ chân không tính theo % so với áp suất khí quyển, m^3/h					Số vòng quay, vg/ph	Công suất yêu cầu trên trục bơm, kW	Công suất động cơ điện, kW	Lưu lượng nước, m^3/h	Kích thước, mm			Khối lượng, kg
	0	40	60	80	90					dài	rộng	cao	
PMK-1	1,5	0,88	0,5	0,15	–	1450	3,75	4,5	0,01	575	410	390	93
PMK-2	4,2	2,40	1,55	0,6	0,1	1450	6,84	10	0,02	705	416	390	109
PMK-3	11,5	6,80	4,5	0,2	1,0	960	18	29	0,06	1215	500	790	475
PMK-4	27,0	17,6	11,0	5,0	2,0	720	58	70	0,10	1645	680	1080	1028

15. *Bảng II.59*. **Bơm chân không vòng nước KBH**

Nhãn hiệu	Năng suất, m^3/ph	Độ chân không, mmHg	Công suất động cơ điện, kW
KBH–4	0,4	440	1,5
KBH–8	0,8	620	2,2

16. *Bảng II.60*. **Bơm chân không ejectơ dùng hơi**

Nhãn hiệu	Số cấp	Năng suất theo không khí khô, kg/h	Áp suất, mmHg	Lưu lượng hơi, kg/h	Áp suất hơi, at	Lưu lượng nước, m^3/h	Nhiệt độ nước lạnh, °C
MXПI	5	1	1	35	6	1,5–2	20
MПII	4	5	10	65 – 75	6	3	25
MXПIII	4	10	10	150	6	4,75	25

17. *Bảng II.61*. **Đặc tính kỹ thuật của một vài nén ly tâm và máy thổi khí ly tâm**

Ký hiệu	Năng suất, m^3/ph	Áp suất nén (dư), ati	Số vòng quay, vg/ph	Công suất động cơ, kW	Khối lượng, tấn	Cách truyền động
TK–700–5	7,5	1,39	2950	100	2,3	Động cơ điện với hộp giảm tốc
TK–700–7	75	1,57	2950	150	2,5	"
TK–100–2	100	2	7250	450	3,7	"
TB–1	140	1,8	2960	120	2,5	Nối trực tiếp với động cơ điện
TB–80–1,6	83	1	2950	125	5,1	"
TK–250–9	250	9	6000	2000	29,6	Động cơ điện đồng bộ với hộp giảm tốc
K350–60–1	350	7,5	8600	2000	25	"
TK–150–7	100	6	9000	1200	14	"

18. ***Bảng II.62.*** **Đặc tính kỹ thuật của một số máy nén pittông**

Thông số	R4-35Z	TR-35	N° 40	200B-18/8	2P-20/8	160B-20/8	B300-2K	BΓ-100/8	55B	ЗИФ-ВКС-5
	Một bậc một xi-lanh, một nhánh tác dụng kép	Hai bậc, hai xilanh, tác dụng kép	Hai bậc, tác dụng đơn pittông vì sai một nhánh	Thẳng đứng hai bậc, tác dụng đơn	Hai bậc tác dụng kép, thẳng đứng	Hai bậc tác dụng đơn hình chữ V	Hai xilanh, hai bậc, tác dụng kép, thẳng đứng	Nằm ngang hai bậc	Hai xilanh hai bậc nằm ngang	Hai bậc
Năng suất, m^3/ph	27	27	19	10	20	20	40	100	100	5
Đường kính xilanh										
bậc I, mm	420	420	525	350	400	270	570	900	900	200
bậc II, mm	-	240	420	200	230	200	340	530	530	115
Khoảng chạy, mm	350	350	400	200	-	160	300	560	590	110
Số vòng quay của trục, vg/ph	300	300	220	730	500	730	330	167	167	965
Áp suất làm việc (dư), at	4	6	8	8	8	8	70	8	8	7
Công suất trên trục, kW	95	105	95	65	95	140	224	565	600	36
Tiêu tốn nước, m^3/h	2,1	5,4	3,5	3	5	4	13	28	28	-
Tiêu hao dầu, kg/h	0,11	0,14	0,17	0,2	0,2	0,3	0,25	0,25	0,26	-
Công suất động cơ, kW	100	125	100	80	120	160	250	625	625	45
Khối lượng thiết bị máy nén, tấn	4,2	5,9	3,9	1,5	4,5	3	7,7	32,7	25,8	3
Kích thước										
dài, mm	3100	4000	3300	2830	1800	3300	5660	7280	6600	4250
rộng, mm	1900	2100	2600	1187	1600	1890	3160	5400	4500	1850
cao, mm	1700	1800	3200	1430	2000	1920	3500	2500	2500	1930

CHƯƠNG III. PHÂN RIÊNG HỆ KHÔNG ĐỒNG NHẤT

I. PHÂN RIÊNG HỆ KHÍ KHÔNG ĐỒNG NHẤT

§1. Phân loại

1. Hệ khí không đồng nhất là một hệ dị thể gồm pha liên tục là thể khí và pha phân tán là các hạt rắn hay giọt lỏng lơ lửng.

Căn cứ vào sự tạo thành hệ không đồng nhất và kích thước các hạt ta có thể phân hệ khí không đồng nhất thành hai loại: hệ cơ học và hệ ngưng tụ.

– Hệ cơ học, thường gọi là bụi, hệ được hình thành từ các quá trình nghiền chất rắn hay phun chất lỏng. Kích thước của hạt bụi khoảng 5 đến 50 μm.

– Hệ ngưng tụ là hệ hình thành do có sự ngưng tụ khí hay hơi hoặc do hai khí (hay hơi) phản ứng hóa học với nhau tạo thành. Hạt ngưng tụ có thể ở trạng thái rắn hay lỏng. Nếu hạt là rắn thì ta có hệ khí không đồng nhất gọi là hệ khói; nếu hạt là lỏng thì ta có hệ mù. Kích thước các hạt của khói hay mù khoảng 0,3 đến 3 μm.

Bảng III.1. **Kích thước của hạt lơ lửng trong một số hệ khí thường gặp**

Hệ	Đường kính hạt, μm	Hệ	Đường kính hạt, μm
Bụi:		Khói:	
Xi măng	40	Thuốc lá	0,25
Bột	15–20	Cloamin NH_3Cl	0,1–1
Than	10	Kẽm clorua $ZnCl_2$	0,05
Bột kẽm	15	Mù:	
Thuốc nhuộm	2–5	H_2SO_4 (đậm đặc)	0,16–1,1
Kẽm ngưng tụ)	2	Dầu	0,001–0,1
Kẽm oxit	0,5		

2. Để thực hiện quá trình làm sạch, nhìn chung yêu cầu về chọn thiết bị phụ thuộc vào nhiều yếu tố, nhưng chủ yếu là phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

– thành phần hạt bụi trong hệ và kích thước của nó;

– độ làm sạch cần thiết của khí;

– trạng thái và thành phần của khí.

Bảng III.2 cho phép ta chọn sơ bộ kiểu thiết bị.

Bảng III.2. **Chọn thiết bị dựa vào đường kính hạt bụi cần tách**

Tên thiết bị	Đường kính của hạt được tách, μm	Độ làm sạch, %
Phòng lắng bụi	2000–100	40–70
Xiclôn	100–5	45–85
Xiclôn tổ hợp	100–5	65–95
Thiết bị lọc có đệm	100–10	85–99
Thiết bị lọc ướt	100–0,1	85–99
Thiết bị lọc tay áo	10–2	85–99,5
Thiết bị lọc điện	10–0,005	85–99

§2. Tính toán công nghệ

Ký hiệu: G_v - năng suất thiết bị tính theo hệ khí đi vào, kg/h; G_r- năng suất thiết bị tính theo hệ khí đi ra, kg/h; G_s- năng suất thiết bị tính theo lượng khí sạch hoàn toàn, kg/h; ρ_k- khối lượng riêng của môi trường, kg/m^3; ρ_h- khối lượng riêng của hạt bụi kg/m^3; y_v- nồng độ bụi trong hệ khí đi vào thiết bị, % khối lượng, y_r- nồng độ bụi trong hệ khí đi ra khỏi thiết bị, % khối lượng.

Ta có công thức tính toán sau đây:

3. Lượng hệ khí đi vào thiết bị làm sạch:

$$G_v = G_r \frac{100 - y_r}{100 - y_v}\ ,\ \text{kg/h}. \qquad (III.1)$$

4. Lượng hệ khí đi ra khỏi thiết bị làm sạch:

$$G_r = G_v \frac{100 - y_v}{100 - y_r}\ ,\ \text{kg/h} \qquad (III.2)$$

5. Lượng khí sạch hoàn toàn:

$$G_s = G_r \frac{100 - y_r}{100}\ ,\ \text{kg/h}; \qquad (III.3)$$

hay:

$$G_s = G_v \frac{100 - y_v}{100}\ ,\ \text{kg/h} \qquad (III.4)$$

6. Lượng bụi thu được

$$G_b = G_v - G_r\ ; \qquad (III.5)$$

$$G_b = G_v \frac{y_v - y_r}{100 - y_r} = G_r \frac{y_v - y_r}{100 - y_v}\ ,\ \text{kg/h}. \qquad (III.6)$$

Gọi V_v - thể tích của hệ khí vào thiết bị, m^3/h; V_r - thể tích của hệ khí ra khỏi thiết bị, m^3/ h; ρ_v - khối lượng riêng của hệ khí đi vào thiết bị, kg/m^3; ρ_r- khối lượng riêng của hệ khí ra khỏi thiết bị, kg/m^3.

Ta có công thức tính toán:

7. Thể tích của hệ khí khi vào thiết bị:

$$V_v = G_v/\rho_v\ ,\ \text{m}^3/\text{h}. \qquad (III.7)$$

8. Thể tích của hệ khí khi ra khỏi thiết bị:

$$V_r = G_r/\rho_r\ ,\ \text{m}^3/\text{h}. \qquad (III.8)$$

hay:

$$V_r = V_v(G_b/\rho_h),\ \text{m}^3/\text{h}. \qquad (III.9)$$

9. Năng suất thiết bị tính theo khí sạch hoàn toàn:

$$V_s = G_s/\rho_k,\ \text{m}^3/\text{h} \qquad (III.10)$$

10. Độ làm sạch:

$$\eta = \frac{G_b}{G_v\ (y_v/100)} \cdot 100,\ \%; \qquad (III.11)$$

hay:

$$\frac{(y_v - y_r).100,\ \%;}{y_v(100 - y_r)} \qquad (III.12)$$

$$\eta = \left(1 - \frac{y_r}{y_v}\right).100,\ \%. \qquad \text{(III.13)}$$

§3. Tính toán phòng lắng bụi một tầng

11. Diện tích mặt cắt ngang của phòng lắng bụi

$$f = B.H = V/w,\ m^2; \qquad \text{(III.14)}$$

trong đó w- tốc độ dòng khi đi qua thiết bị, m/s; B- chiều rộng của phòng lắng bụi, m; H- chiều cao của phòng lắng bụi, m; V- lưu lượng khi đi qua phòng lắng, m^3/s.

12. Sau khi xác định được tiết diện ngang f ta tự chọn chiều rộng phòng lắng B (hay chiều cao phòng lắng H), thì tìm được chiều cao phòng lắng H (hay chiều rộng phòng lắng B).

13. Bề mặt lắng cần thiết

$$F = V/w_1,\ m^2; \qquad \text{(III.15)}$$

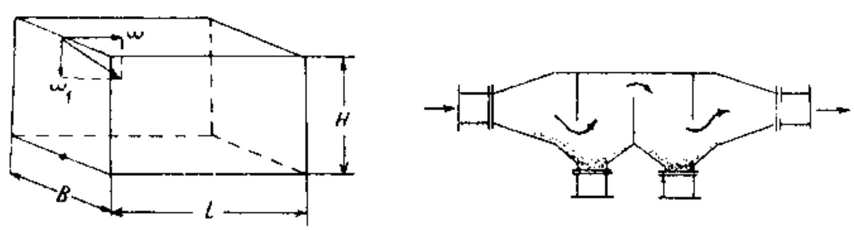
w_1 - tốc độ lắng bụi, m/s.

14. Thời gian lắng của hạt bụi:

$$\tau_1 = H/w_1,\ s. \qquad \text{(III.16)}$$

15. Thể tích làm việc của phòng lắng bụi:

$$V_{lv} = V.\tau_1,\ m^3. \qquad \text{(III.17)}$$



Hình III.1. Sự chuyển động của hạt rắn trong phòng lắng bụi và đường lắng bụi

16. Chiều dài phòng lắng bụi:

$$L = F/B \text{ hoặc } L = V_{lv}/(B,\ H),\ m \qquad \text{(III.18)}$$

§4- Tính toán phòng lắng bụi nhiều tầng

17. Diện tích mặt cắt ngang, chiều cao hay chiều rộng của phong lắng, tốc độ lắng, bề mặt cần thiết tính toán tương tự như đối với phòng lắng bụi một tầng.

18. Thời gian lắng của hạt bụi

$$\tau = h/w_1,\ ; \qquad \text{(III.19)}$$

h- khoảng cách giữa hai tầng, m.

19. Số tầng của phòng lắng nhiều tầng

$$n = H/h. \qquad \text{(III.20)}$$

20. Diện tích bề mặt lắng của phòng lắng nhiều tầng:

$$F = L.B.n,\ m^2 \qquad \text{(III.21)}$$

21. Chiều dài của một tầng:

$$L = w.\tau_1, \text{ m} \qquad \text{(III.22)}$$

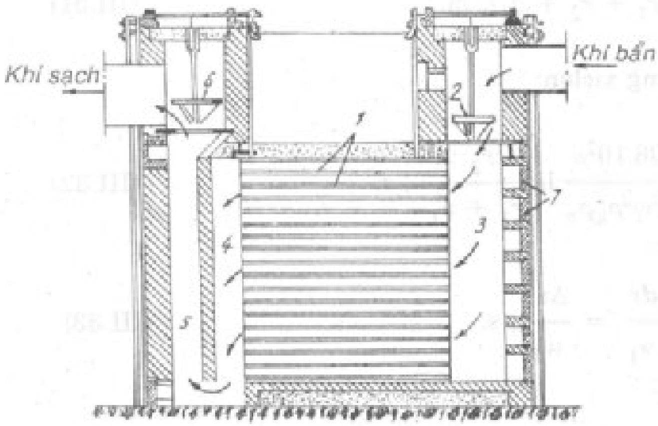
22. Chiều cao phòng lắng nhiều tầng:

$$H' = H + n.\delta, \text{ m} \qquad \text{(III.23)}$$

23. Chiều dài phòng lắng nhiều tầng:

$$L' = L + \sum\delta', \text{ m}; \qquad \text{(III.24)}$$

trong đó δ- bề dày mỗi tấm ngăn, m; $\sum\delta'$ - chiều dài của dòng dẫn khi bố trí ở hai phía các tầng



Hình III.2. **Phòng lắng bụi nhiều tầng:**
1- tấm ngăn; 2 và 6- cửa khống chế; 3- đường phân phối khí; 4- ống góc; 5- đường dẫn khí; 7- cửa lấy bụi

§5. Tính toán xiclôn

24. Bán kính ống dẫn khí ra khỏi xiclôn:

$$r_1 = \sqrt{\frac{V}{\pi w_r}}, \text{ m}; \qquad \text{(III.25)}$$

trong đó V- năng suất của xiclôn (lượng khí đi vào xiclôn), m^3/s; w_r- tốc độ của dòng khí đi ra khỏi xiclôn, m/s; thường lấy $w_r = 4 \ldots 8$ m/s.

25. Kích thước của ống vào xiclôn

Ống vào đặt tiếp tuyến với thành thiết bị và mặt cắt có dạng hình chữ nhật, chiều cao h, chiều rộng b và tỉ số thường lấy là k

$$k = h/b = 2 - 4; \qquad \text{(III.26)}$$

do đó:

$$h = \sqrt{\frac{V}{k.w_v}}, \text{ m}; \qquad \text{(III.27)}$$

w_v - tốc độ khí trong ống vào xiclôn, thường lấy $w_v = 18 \ldots 20$ m/s.

26. Bán kính phần hình trụ của xiclôn

$$r_2 = r_1 + \delta_1 + \Delta r, \text{ m}; \qquad \text{(III.28)}$$

trong đó δ_1- bề dày của ống dẫn khí ra khỏi xiclôn, m; Δr - khoảng cách theo đường kính giữa ống ra và thành thiết bị, m; thường lấy $\Delta r = 0{,}1 \ldots 0{,}5$ m và $\Delta r \geq b$.

27. Tốc độ góc của dòng khí trong xiclôn:

$$\omega = w_{tb}/r_{tb},\ 1/s; \qquad (III.29)$$

trong đó w_{tb} - tốc độ khí trung bình trong xiclôn, thường lấy nhỏ hơn tốc độ ở ống vào 1,4 lần và lấy bằng w_{tb} = 12 ... 14 m/s; r_{tb}- bán kính quay trung bình của dòng trong xiclôn và tính theo công thức:

$$\text{khi } \frac{r_2}{r_1 + \delta_1} \geq 2 \text{ thì } r_{tb} = \frac{r_2 - (r_1 + \delta_1)}{2{,}3\lg\dfrac{r_2}{r_1 + \delta_1}},\ m; \qquad (III.30)$$

$$\text{khi } \frac{r_2}{r_1 + \delta_1} \leq 2 \text{ thì } r_{tb} = \frac{1}{2}(r_1 + r_2 + \delta_1),\ m. \qquad (III.31)$$

28. Thời gian lưu lại của khí trong xiclôn:

- Khi lắng dòng:

$$\tau_1 = \frac{4{,}06.10^2\mu}{d^2\omega^2\rho_k\varphi_b}\lg\frac{r_2}{r_1 + \delta_1},\ s; \qquad (III.32)$$

- Khi lắng quá độ và xoáy:

$$\tau_1 = \int_{r_1+s}^{r_2}\frac{dr}{w_1} = \frac{\Delta r}{w_1},\ s. \qquad (III.33)$$

29. Thể tích làm việc của xiclôn:

$$V_{lv} = V.\tau_1,\ m^3. \qquad (III.34)$$

30. Chiều cao phần hình trụ của xiclôn:

$$H_t = k\frac{V_{lv}}{\pi(r_2^2 - (r_1 + \delta_1)^2},\ m; \qquad (III.35)$$

k- hệ số dự trữ, thường lấy k = 1,25

hay:

$$H_t = \frac{V_h}{(r_2 - r_1)w_{tb}},\ m. \qquad (III.36)$$

31. Chiều cao phần chóp nón:

$$H_n = (r_2 - r_o)\text{tg}\alpha_o,\ m; \qquad (III.37)$$

trong đó r_o - bán kính lỗ tháo bụi, thường lấy r_o = 0,2 ... 0,25m; α_o- góc giữa bán kính vỏ và đường sinh, α_o phải lớn hơn góc nghiêng rơi tự nhiên của vật liệu và thường lấy α_o = 50 ... 60°.

32. Số vòng khí quay ở trong xiclôn:

$$n = \frac{\tau_1.\omega}{2\pi},\ vg; \qquad (III.38)$$

ω- tốc độ góc, 1/s.

33. Tính kiểm tra:

a) Đường kính bé nhất của hạt được lắng trong xiclôn ở chế độ lắng dòng:

$$d = 5{,}32\sqrt{\frac{\mu}{n.\rho_b\omega\varphi_b}\cdot\frac{r_2 - (r_1 + \delta_1)}{r_{tb}}},\ m; \qquad (III.39)$$

b) Năng suất của xiclôn:

$$V = F_o.w_1,\ m^3/s; \qquad (III.40)$$

F_o- diện tích bề mặt xung quanh của hình trụ có bán kính bằng r_{tb}

$$F_o = 2\pi r_{tb}.H_1\ ,\ m^2; \qquad (III.41)$$

w_1- tốc độ lắng

$$w_1 = \frac{r_2 - (r_1 + \delta_1)}{\tau_1},\ m/s; \qquad (III.42)$$

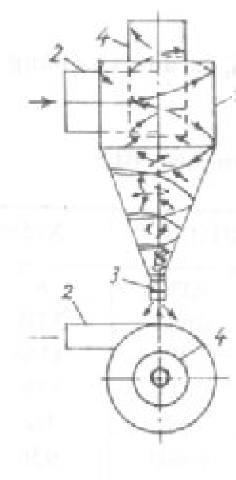
c) Chiều cao phần hình trụ của xiclôn:

$$H_t = k.H_o,\ m; \qquad (III.43)$$

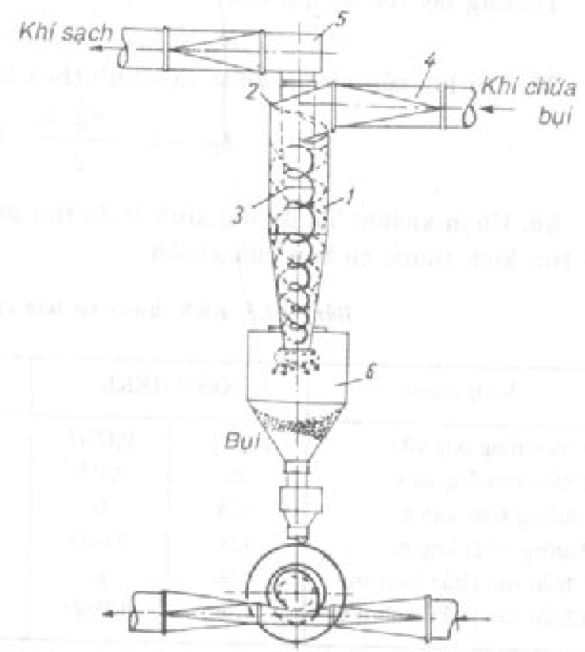
với $k = 2 \ldots 4$; H_o- chiều cao lớp dòng chuyển động trong một vòng

$$H_o = C\,\frac{b.h}{r_2 - (r_1 + \delta_1)}\ ,\ m; \qquad (III.44)$$

$$C = \frac{w_v}{w_{tb}} = 1{,}4. \qquad (III.45)$$



Hình III.3. **Xiclôn:**
1- vỏ (thân); 2- cửa khí vào; 3- cửa tháo bụi; 4- ống dẫn khí ra



Hình III.4. **Xiclôn HHOI A3:**
1- vỏ (thân); 2- nắp; 3- ống dẫn khí ra; 4- ống dẫn khí vào; 5- vỏ hình xoắn ốc; 6- thùng chứa bụi

Xuất phát từ điều kiện thời gian lắng bằng thời gian lưu lại của khí, ta có:

$$r_2 = \frac{r_1 + \delta_1}{l - 2\pi n(w_1/w_{tb})}\ ,\ m; \qquad (III.46)$$

trong các công thức trên n - số vòng khí đi trong xiclôn, vg; w_1, w_{tb}- tốc độ lắng và tốc độ khí trung bình trong xiclôn, m/s; ω- tốc độ góc của dòng khí, 1/s; μ- độ nhớt của khí, $N.s/m^2$, ρ_b- khối lượng riêng của bụi, kg/m^3.

§6. Tính toán xiclôn theo phương pháp chọn

34. Đường kính xiclôn được xác định theo công thức:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 w_q}} \text{ , m;} \qquad \text{(III.47)}$$

trong đó V- lưu lượng khí đi vào xiclôn, m^3/s; w_q - tốc độ qui ước, m/s.

Để xác định tốc độ qui ước ta chọn trước tỉ số:

$$\frac{\Delta p}{\rho_k} = 540 \ ... \ 740.$$

Sau đó ta xác định tốc độ qui ước theo công thức:

$$w_q = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\xi \ \rho_k}} \text{ , m/s;} \qquad \text{(III.48)}$$

trong đó Δp- trở lực của xiclôn, N/m^2, ρ_k- khối lượng riêng của khí, kg/m^3, ξ- hệ số trở lực phụ thuộc vào kiểu xiclôn (bảng III.10).

Thường lấy tốc độ qui ước:

$$w_q = 2,2 \ ... \ 2,5 \text{ m/s} \qquad \text{(III.49)}$$

35. Trở lực của xiclôn được xác định theo công thức:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{w_q^2 \cdot \rho_k}{2} \ \ N/m^2 \qquad \text{(III.50)}$$

36. Chọn xiclôn: Từ đường kính D đã tìm được ở trên, ta dựa vào bảng III.3 sau đây để tìm kích thước cơ bản của xiclôn.

Bảng III.3. **Kích thước cơ bản của xiclôn theo hình III.3**

Kích thước	Xiclôn ЦККБ		Xiclôn ВТИ		Xiclôn НИОГАZ	
Chiều rộng ống vào	b	$0,175D$	b	$0,17D$	b	$0,21D$
Chiều cao ống vào	$2b$	$0,35D$	$4b$	$0,68D$	$3,14b$	$0,66D$
Đường kính xiclôn	$5,7b$	D	$5,9b$	D	$4,75b$	D
Đường kính ống ra	$3,7b$	$0,65D$	$3,9b$	$0,66D$	$2,75b$	$0,58D$
Chiều cao phần hình trụ	$5,7b$	D	$4,7b$	$0,8D$	$7,6b$	$1,6D$
Chiều cao phần hình nón	$4,3b$	$0,755D$	$5,05b$	$0,86D$	$9,5b$	$2D$

Đường kính trong D của xiclôn có thể chọn theo tiêu chuẩn: 40, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, và 1000 mm.

§7. Xiclôn đơn

37. Trong các bảng chỉ dẫn về thiết kế chế tạo, lắp ráp và vận hành có bốn kiểu xiclôn đơn: ЦН.11, ЦН.15, ЦН.15Y và ЦН.24. Trên hình III.5 thể hiện kiểu xixlôn đơn ЦН.15. Loại xiclôn đơn CH.15 với góc nghiêng của cửa vào $\sigma = 15^o$ được sử dụng nhiều nhất. Loại này đảm bảo độ làm sạch hai lớn nhất với hệ số sức của thủy lực nhỏ nhất.

Trong trường hợp không gian hạn chế có thể dùng xiclôn gọn hơn là ЦН.15Y. Xiclôn này có độ làm sạch nhỏ hơn so với loại ЦН.15 trong điều kiện trở lực như nhau.

Để tách sơ bộ bụi có kích thước hạt hay là bụi có nồng độ cao là dùng loại xiclôn năng suất cao kiểu ЦН.24 với góc nghiêng $\alpha = 24^o$, xiclôn này có hệ số sức của thủy lực và độ làm sạch nhỏ hơn so với loại ЦН.15.

Xiclôn ЦН.11 được sử dụng khi cần nâng cao độ làm sạch, nó đảm bảo độ làm sạch cao nhưng có sức cản thủy lực lớn.

Năng suất của loại xiclôn ЦН khá lớn. Ví dụ với nhóm tám xiclôn đường kính lớn nhất có thể làm sạch 50000 m^3 khí trong một giờ.

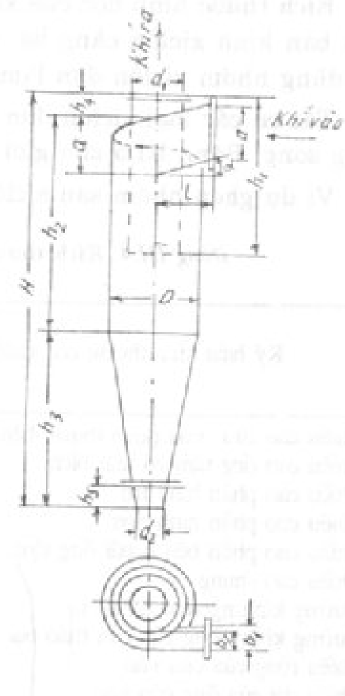
Khi thiết kế xiclôn nên chọn đường kính như sau:

– đối với loại ЦН.15 đường kính từ 40 đến 800 mm;

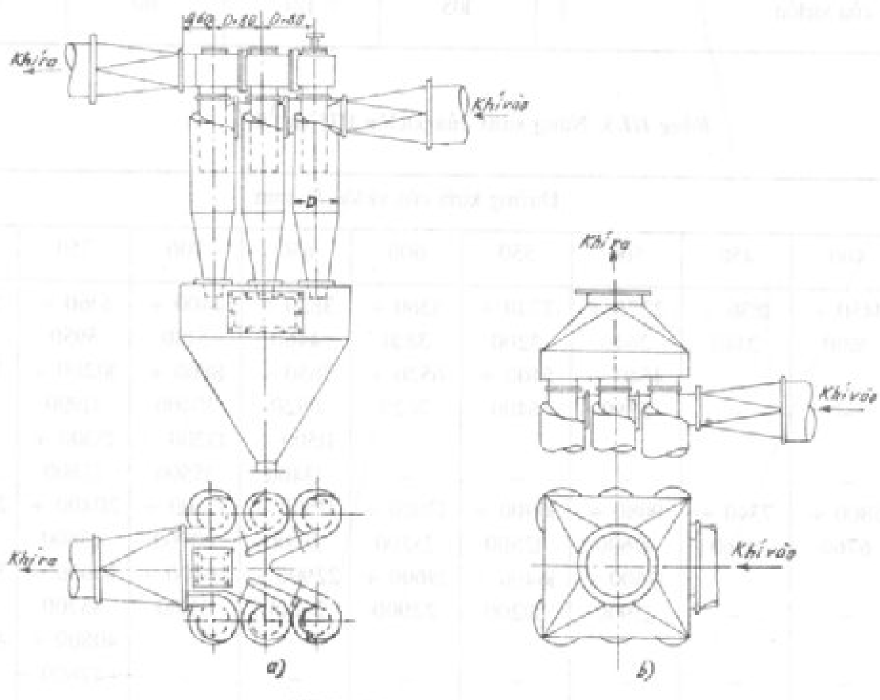
– đối với loại ЦН.15Y đường kính từ 200 đến 800 mm;

– đối với loại ЦН.24 đường kính từ 400 đến 1000 mm;

– đối với loại ЦН.11 đường kính từ 40 đến 800 mm.



Hình III.5. **Xiclôn đơn ЦН.15**



Hình III.6. **Nhóm sáu xiclôn đơn:**

a) cửa khí ra theo vòng xoắn ốc b) cửa khí ra theo chóp nón tập trung

Kích thước hình học của xiclôn đơn ЦН cho ở bảng III.4. Hệ số làm sạch bụi càng tăng nếu bán kính xiclôn càng bé. Vì vậy nên dùng xiclôn bán kính nhỏ. Nếu năng suất lớn thì dùng nhóm xiclôn đơn làm việc song song hay xiclôn tổ hợp.

Tất cả các loại xiclôn đơn đều có thể ghép thành nhóm 2, 3, 4, 6 hay 8 cái làm việc song song. Bảng III.5 cho giới hạn năng suất của xiclôn đơn và nhóm xiclôn đơn.

Ví dụ ghép nhóm sáu xiclôn đơn thể hiện ở hình III.6.

Bảng III.4. **Kích thước cơ bản của xiclôn ЦН theo đường kính (hình III.5)**

Ký hiệu kích thước của xiclôn		Kiểu xiclôn			
		ЦН- 15	ЦН- 15У	ЦН - 24	ЦН - 11
Chiều cao cửa vào (kích thước bên trong)	a	0,66 D	0,66 D	1,11 D	0,48 D
Chiều cao ống tâm có mặt bích	h_1	1,74 D	1,50 D	2,11 D	1,56 D
Chiều cao phần hình trụ	h_2	2,26 D	1,51 D	2,11 D	2,08 D
Chiều cao phần hình nón	h_3	20 D	1,5 D	1,75 D	2,0 D
Chiều cao phần bên ngoài ống tâm	h_4	0,3 D	0,3 D	0,4 D	0,3 D
Chiều cao chung	H	4,56 D	3,31 D	4,26 D	4,38 D
Đường kính ngoài của ống ra	d_1	0,6 D	0,6 D	0,6 D	0,6 D
Đường kính trong của cửa tháo bụi	d_2	0,3 – 0,4 D	0,3 – 0,4 D	0,3 – 0,4 D	0,3 – 0,4 D
Chiều rộng của cửa vào	b_1/b	0,26D/0,2 D	0,26D/0,2 D	0,26D/0,2 D	0,26D/0,2 D
Chiều dài của ống cửa vào	l	0,6 D	0,6D	0,6 D	0,6 D
Khoảng cách từ tận cùng xiclôn đến mặt bích	h_5	0,24 – 0,32D	0,24 – 0,32D	0,24 – 0,32D	0,24 – 0,32D
Góc nghiêng giữa nắp và ống vào	α	15°	15°	24°	11°
Đường kính trong của xiclôn	D	40–800 mm	200–800 mm	400–1000 mm	40–800 mm
Hệ số trở lực của xiclôn	ξ	105	110	60	180

Bảng III.5. **Năng suất của xiclôn ЦН (m^3/h)**

Xiclôn	Đường kính của xiclôn D, mm								
	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Xiclôn đơn	1450 ÷ 1690	1830 ÷ 2140	2270 ÷ 2640	2740 ÷ 3200	3260 ÷ 3810	3820 ÷ 4460	4400 ÷ 5180	5160 ÷ 5950	5800 ÷ 6760
Nhóm hai xiclôn	–	–	4540 ÷ 5290	5400 ÷ 6400	6520 ÷ 7620	7650 ÷ 8920	8800 ÷ 10400	10200 ÷ 11900	11600 ÷ 13500
Nhóm ba xiclôn	–	–	–	–	–	11500 ÷ 13400	13200 ÷ 15500	15300 ÷ 17800	17400 ÷ 20300
Nhóm bốn xiclôn	5800 ÷ 6760	7340 ÷ 8560	9080 ÷ 10600	10900 ÷ 12800	13000 ÷ 15200	13500 ÷ 17800	17600 ÷ 20700	20400 ÷ 23800	23200 ÷ 27000
Nhóm sáu xiclôn	–	–	13600 ÷ 15900	16400 ÷ 19200	19600 ÷ 22900	22900 ÷ 26800	26400 ÷ 31100	30600 ÷ 35700	34800 ÷ 40600
Nhóm tám xiclôn	–	–	–	–	–	–	–	40800 ÷ 47600	46400 ÷ 54100

38. Trong bảng III.5a nêu lên thể tích làm việc của bunke đối với xiclôn đơn và nhóm xiclôn đơn. Góc nghiêng của thành bunke cần phải lớn hơn góc nghiêng rơi tự nhiên, thường lấy 55 đến 60°. Để giảm chiều cao chung của bunke có thể đặt vài bunke cho một nhóm xiclôn.

Bảng III.5a. **Thể tích làm việc của bunke đối với xiclôn ЦН$_1$ (m^3)**

Xiclôn	Đường kính xiclôn D, mm								
	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Xiclôn đơn	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9
Nhóm hai xiclôn			0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,0
Nhóm ba xiclôn						2,8	2,9	3,8	4,3
Nhóm bốn xiclôn	0,6	0,7	1,1	1,3	1,6	2,1	2,6	3,3	4,2
Nhóm sáu xiclôn			2,1	2,9	3,6	4,2	5,7	7,0	7,8
Nhóm tám xiclôn								14,1	15,0

39. Để xiclôn làm việc bình thường cần bảo đảm những điều kiện sau:

a) Khi dùng nhóm xiclôn có chung bunke phải tránh sự đổi dòng khi khí đi từ xiclôn này đến xiclôn khác. Vì vậy những xiclôn trong nhóm phải có trở lực như nhau. Khí phải đi vào và đi ra như thế nào để đảm bảo phân bố đều đặn giữa các xiclôn.

b) Khi lắp nhóm xiclôn, những ống khí vào của các xiclôn nằm bên ngoài phải hàn vào ống chính.

c) Hệ thống tháo bụi phải kín. Nếu hệ thống tháo bụi không kín thì khi xiclôn làm việc ở áp suất cao sẽ xảy ra hiện tượng xì bụi ra ngoài, khi xiclôn làm việc ở áp suất thấp sẽ có hiện tượng hút không khí vào làm cho độ làm sạch giảm đi rất nhiều. Tuyệt đối không được dùng phần hình nón của xiclôn để chứa bụi. Chỉ có thể tháo bụi từ bunke ra qua van thủy lực. Có thể dùng van thủy lực loại chắn, loại cầu khi tháo bụi gián đoạn; loại mái chèo khi tháo bụi liên tục. Không được lắp van thủy lực vào các lỗ ra của xiclôn.

Hiệu suất làm sạch phụ thuộc vào độ dính kết của bụi và hàm lượng bụi trong khí. Sự phân bố nhóm bụi theo độ dính kết (xiclôn ЦН) cho ở bảng III.6. Nồng độ bụi cho phép của khí (xiclôn ЦН) không dính kết và dính kết yếu cho ở bảng III.7. Đối với bụi có độ kết dính trung bình, lấy nồng độ bụi cho phép giảm đi hai lần, đối với bụi kết dính mạnh - giảm đi bốn lần so với trị số trong bảng III.7.

Chế độ làm việc của xiclôn có ảnh hưởng đến hiệu suất làm sạch. Vì vậy đối với hệ thống làm việc trong điều kiện lưu lượng khí thay đổi cần phải có bộ phận điều chỉnh để khi cần thiết có thể cho một số xiclôn nào đó không làm việc.

Bảng III.6. **Phân loại nhóm bụi theo độ kết dính cho xiclôn ЦН**

Không kết dính và kết dính yếu (nhóm I)	Kết dính trung bình (nhóm II)	Kết dính mạnh (nhóm III)
1	2	3
Bụi đất sét Bụi than	Tro cháy hoàn toàn Tro than bùn	Bụi xi măng trong không khí ẩm

Tiếp bảng III.6

1	2	3
Bụi xỉ Tro than còn một ít chưa cháy Bụi magiêzit khô Bụi antraxit khô Bụi lò cao	Bụi magiêzit ẩm Bụi quặng tinh kim loại màu và quặng sắt Oxit của kẽm, chì, thiếc (đã ngưng kết sơ bộ) Bụi lò quay và lò hầm trong sản xuất ximăng Bụi ximăng trong không khí khô Bồ hóng Bụi than bùn Bụi sợi (amiăng, bông, len...)	Bụi thạch cao Bụi muội ở nhiệt độ $t \geq 500^oC$

Bảng III.7. **Hàm lượng bụi cho phép đối với xiclôn đơn ЦН ở 0^oC và 760 tor (cho bụi không kết dính và kết dính yếu)**

Đường kính xiclôn, mm	Hàm lượng bụi cho phép, g/m^3
800	< 400
600	< 300
400	< 200
200	< 150
100	< 60
60	< 40
40	< 20

Để tránh hiện tượng đọng bụi ở cửa vào, tốc độ khí ở đó không được bé hơn 10 m/s, khí bụi nhiều và kích thước hạt bụi lớn - tốc độ khí không bé hơn 15 đến 20m/s.

Khi dùng xiclôn ЦН để tách bụi dễ nổ, dễ cháy thì chú ý chế tạo không có những chi tiết dễ tích bụi, ngoài ra còn phải có van chống nổ.

§8. Xiclôn tổ hợp

40. Xiclôn tổ hợp gồm có nhiều xiclôn thành phần ghép thành bộ, trong vỏ riêng biệt có bunke chứa bụi (hình III.7). Người ta thường lấy đường kính xiclôn thành phần (hình III.8) lớn nhất là 250 mm. Loại xiclôn thành phần đường kính 150, 250 mm có thể tách được bụi có đường kính hạt trên 10 μm; xiclôn có đường kính nhỏ hơn có thể tách được bụi đường kính 4 đến 5 μm.

Trong xiclôn thành phần người ta dùng hai kiểu thiết bị định hướng:

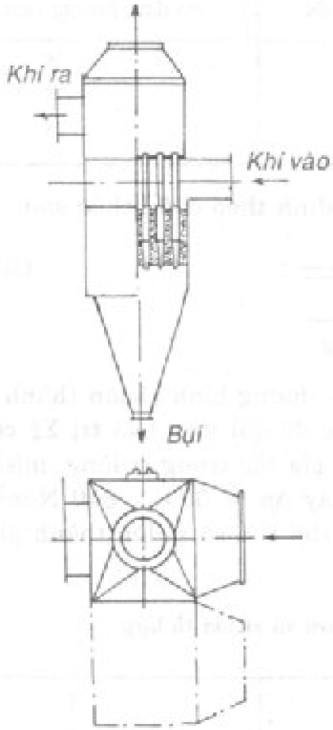
- định hướng kiểu guồng, có tám cánh góc nghiêng là 25 hay 30° (hình III.8a);
- định hướng kiểu xoắn ốc, góc nghiêng cánh xoắn là 25° (hình III.8b).

Phân loại nhóm bụi đối với xiclôn tổ hợp cho ở bảng III.8. Trong bảng có bốn nhóm, tuy nhiên người ta không hay dùng xiclôn tổ hợp để tách nhóm IV.

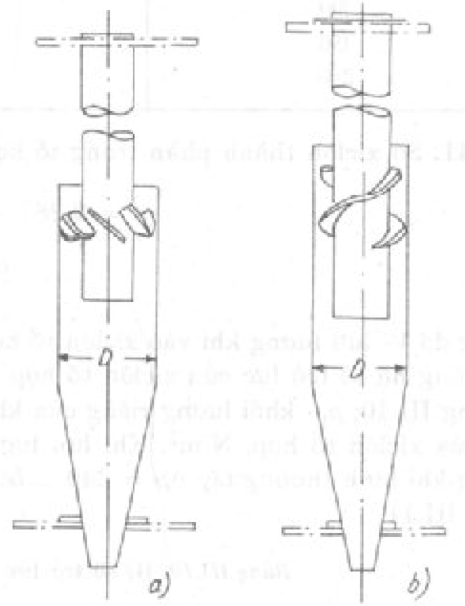
Hàm lượng bụi cho phép (cho xiclôn tổ hợp) đối với bụi kết dính yếu cho ở bảng III.9.

Đối với nhóm bụi thứ nhất hàm lượng bụi cho phép có thể tăng lên 2 đến 3 lần, đối với nhóm III hàm lượng bụi cho phép phải giảm đi hai lần so với giá trị trong bảng III.9.

Mỗi bộ xiclôn tổ hợp (hình III.7) có bunke chứa bụi riêng. Nhiệt độ khí phải cao hơn nhiệt độ điểm sương ít nhất là 20 đến 25°C để tránh ngưng nước lên thành thiết bị và hạt bụi.



Hình III.7. **Xiclôn tổ hợp**



Hình III.8. **Xiclôn thành phần:**
a) bộ phận định hướng kiểu guồng; b) bộ phận định hướng kiểu xoắn ốc

Bảng III.8. **Phân loại nhóm bụi theo độ kết dính đối với xiclôn tổ hợp**

Bụi không kết dính (nhóm I)	Bụi kết dính yếu (nhóm II)	Bụi kết dính trung bình (nhóm III)	Bụi kết dính mạnh (nhóm IV)
Bụi đất sét Bụi xỉ	Tro bay ra khi đốt cháy than cám còn hơn 30% chưa cháy Tro bay ra khí đốt cháy theo từng lớp than bất kỳ Bụi than cốc Bụi magiêzit khô Bụi phiến thạch Bụi lò cao (sau khi lắng sơ bộ) Bụi apatit khô	Tro bay ra khi đốt cháy than hoàn toàn Tro than bùn Bụi magiêzit ẩm Bụi quặng tính kim loại màu và quặng sắt Oxit của kẽm, chì, thiếc (đã ngưng kết sơ bộ) Bụi lò quay và lò hầm trong sản xuất ximăng Bụi xi măng trong không khí khô Bồ hóng (đã ngưng kết) Bụi than bùn	Bụi xi măng trong không khí ẩm Bụi thạch cao Bụi đất sét, cao lanh Bụi muội ở nhiệt độ 500°C Bụi bột Bụi sợi (amiăng, bông, tơ, len..) Tro khí đốt than cám antraxit (< 25% chưa cháy hết)

Bảng III.9. **Hàm lượng bụi cho phép, bụi kết dính yếu (nhóm II) đối với xiclôn thành phần của xiclôn tổ hợp**

Đường kính xiclôn thành phần, mm	Hàm lượng bụi cho phép, g/m³	
	bộ định hướng kiểu xoắn ốc	bộ định hướng kiểu guồng
100	< 25	< 15
150	< 50	< 35
250	< 100	< 75

41. Số xiclôn thành phần trong tổ hợp được xác định theo công thức sau:

$$n = 0{,}287\,\frac{V}{d_{tp}^2\sqrt{\dfrac{\Delta p}{\Sigma\xi.\rho_k.g}}}; \qquad \text{(III.51)}$$

trong đó V- lưu lượng khí vào xiclôn tổ hợp, m³/s; d_{tp}- đường kính xiclôn thành phần, m; $\Sigma\xi$- tổng hệ số trở lực của xiclôn tổ hợp tính theo tốc độ qui ước. Giá trị $\Sigma\xi$ có thể tìm ở bảng III.10; ρ_k- khối lượng riêng của khí, kg/m³; g- gia tốc trọng trường, m/s²; Δp- trở lực của xiclôn tổ hợp, N/m². Khi lưu lượng khí lớn lấy Δp = 590 ... 840 N/m², khi lưu lượng khí bình thường lấy Δp = 340 ... 590 N/m². Có thể tìm số xiclôn thành phần trong bảng III.11.

Bảng III.10. **Hệ số trở lực trong xiclôn đơn và xiclôn tổ hợp**

Kiểu xiclôn		ξ
Xiclôn đơn	ЦН – 15	105
	ЦН – 15У	110
	ЦН – 24	60
	ЦН – 11	180
Xiclôn tổ hợp	Định hướng kiểu guồng α = 25°	90
	Định hướng kiểu guồng α = 30°	65
	Định hướng kiểu xoắn ốc	85

42. Chiều dài và chiều rộng theo mặt cắt ngang của tổ hợp:

– Chiều dài:

$$L = d_{tp}.n_1 + (0{,}03 \div 0{,}05)(n_1 + 1),\ \text{m}; \qquad \text{(III.52)}$$

– Chiều rộng:

$$B = d_{tp}.n_2 + (0{,}03 \div 0{,}05)(n_2 + 1),\ \text{m}; \qquad \text{(III.53)}$$

trong đó n_1- số xiclôn thành phần bố trí theo chiều dài của xiclôn tổ hợp; n_2- số xiclôn thành phần bố trí theo chiều rộng của xiclôn tổ hợp.

43. Diện tích mặt cắt ngang của xiclôn thành phần:

$$f_{tp} = \frac{\pi d_{tp}^2}{4},\ \text{m}^2 \qquad \text{(III.54)}$$

Bảng III.11. **Số xiclôn thành phần trong bộ xiclôn tổ hợp (loại hình chữ nhật)**

Số dãy	Kiểu xiclôn tổ hợp	Số xiclôn thành phần trong một dãy	Số xiclôn thành phần nằm trong một tổ hợp	Ghi chú
Xếp năm dãy (ПС–5)	ПС–5–25	5	25	Đối với xiclôn thành phần có đường kính 100 mm
	ПС–5–30	6	30	Đối với xiclôn thành phần có đường kính 150 mm
	ПС–5–35	7	35	} Đối với xiclôn thành phần của tất cả các loại
	ПС–5–40	8	40	
	ПС–5–45	9	45	
Xếp sáu dãy (ПС–6)	ПС–6–36	6	36	Đối với xiclôn thành phần của tất cả các loại
	ПС–6–42	7	42	
	ПС–6–48	8	48	
	ПС–6–54	9	54	
	ПС–6–60	10	60	
Xếp tám dãy (ПС–8)	ПС–8–64	8	64	} Đối với xiclôn thành phần của tất cả các loại
	ПС–8–72	9	72	
	ПС–8–80	10	80	Nên đặt tấm chắn trong bunke
	ПС–8–88	11	88	} Nhất thiết phải đặt tấm chắn trong bunke
	ПС–8–96	12	96	
	ПС–8–104	13	104	
	ПС–8–112	14	112	
Xếp mười dãy (ПС–10)	ПС–10–100	10	100	} Đối với xiclôn thành phần của tất cả các loại
	ПС–10–110	11	110	
	ПС–10–120	12	120	} Nhất thiết phải đặt tấm chắn trong bunke
	ПС–10–130	13	130	
	ПС–10–140	14	140	} Nên đặt hai bunke trong tổ hợp
	ПС–10–150	15	150	
	ПС–10–160	16	160	

44. Tốc độ qui ước

$$w_q = \frac{V}{f_{tp}}, \text{ m/s.} \qquad \text{(III.55)}$$

45. **Sức cản thủy lực của xiclôn tổ hợp xác định theo công thức:**

$$\Delta p = \sum\xi \cdot \frac{w_q^2 \rho_k}{2} \text{ N/m}^2 \qquad \text{(III.56)}$$

trong đó $\sum\xi$- tổng hệ số trở lực, bảng III.7; ρ_k- khối lượng riêng của khí, kg/m^3.

46. **Đường kính ống ra của xiclôn thành phần:**

– **đường kính trong:**

$$d_{tpt} = 1{,}13\sqrt{V/(w_r n)}, \text{ m;} \qquad \text{(III.57)}$$

– đường kính ngoài:

$$d_{tpn} = d_{tpt} + 2\delta, \text{ m}; \tag{III.58}$$

trong đó δ- bề dày của ống ra: w_r - tốc độ trung bình của khí ở cửa ra.

47. Chiều cao cửa dẫn khí vào:

$$h = \frac{V}{w_v(B - n_2 d_{tpt})}, \text{ m}; \tag{III.59}$$

trong đó w_v - tốc độ trung bình của khí trong mặt cắt ở dãy đầu tiên thường lấy w_v = 14 ... 20 m/s.

§9. Hiệu suất làm sạch của xiclôn đơn

48. Hiệu suất làm sạch là tỉ số giữa lượng bụi thu được với lượng bụi do khí mang vào xiclôn trong cùng một thời gian:

$$\eta = \frac{G}{G_d} 100 = \frac{G_d - G_c}{G_d} 100\%; \tag{III.60}$$

trong đó G - lượng bụi thu được, kg/h: G_d - lượng bụi do khí mang vào xiclôn, kg/h; G_c- lượng bụi do khí mang ra khỏi xiclôn, kg/h.

49. Hiệu suất được tính riêng từng phần theo kích thước cỡ hạt gọi là hiệu suất riêng phần;

$$\eta_{rp} = \frac{G_{rp}}{G_{rpd}} 100 = \frac{G_{rpd} - G_{rpc}}{G_{rpd}} 100\%; \tag{III.61}$$

trong đó G_{rp} - lượng bụi thu được có kích thước hạt trong khoảng nào đó, kg/h; G_{rpd}- lượng bụi do khí mang vào xiclôn, có cùng khoảng kích thước đó, kg/h; G_{rpc}- lượng bụi do khí mang ra khỏi xiclôn, có cùng khoảng kích thước đó, kg/h.

50. Với độ chính xác cho phép trong sản xuất công nghiệp, ta có thể tính hiệu suất làm sạch theo hiệu suất riêng phần:

$$\eta = \frac{\eta_{rp1}\phi_1}{100} + \frac{\eta_{rp2}\phi_2}{100} + ... + \frac{\eta_{rpn}\phi_n}{100}; \tag{III.62}$$

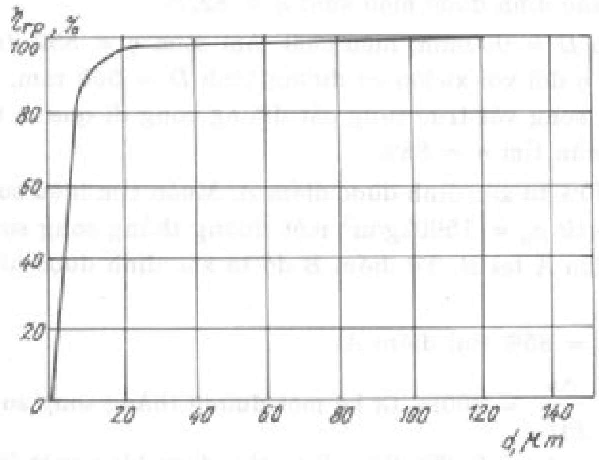
trong đó 1,..., n - số thứ tự phần bụi có khoảng kích thước nhất định nào đó; η_{rp1},..., η_{rpn}- hiệu suất riêng phần của các phần bụi 1,..., n; ϕ_1,..., ϕ_n- thành phần của các phần bụi 1,..., n. Giá trị tính toán sẽ gần với thực tế nếu như biết chính xác các số liệu về thành phần bụi.

Trên hình III.9 thể hiện hiệu suất làm sạch khí riêng phần trong xiclôn đơn ЦН-15 (D= 600 mm) ở điều kiện nhất định. Đồ thị đó là cơ sở để xác định hiệu suất làm sạch của các loại xiclôn có kiểu và kích thước khác.

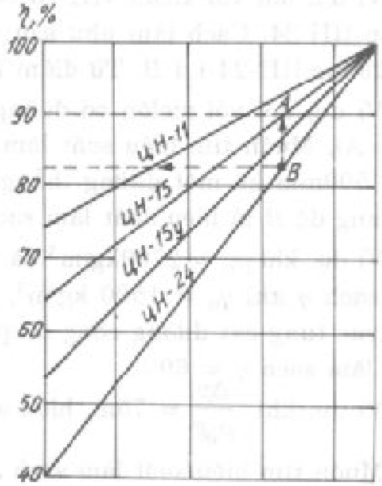
Hiệu suất làm sạch η của xiclôn CH được xác định theo thứ tự sau:

Theo hình III.9. ta xác định hiệu suất riêng phần η_{rp} đối với nồng độ bụi ban đầu trong hệ khí, sau đó tính hiệu suất làm sạch η theo công thức (III.62) ở những điều kiện đã chỉ ra trong hình III.9. Tiếp theo là tính chuyển giá trị η trong những điều kiện đã cho đối với xiclôn có kiểu và đường kính khác nhau. Ta dùng những đồ thị sau:

a) đồ thị để tính hiệu suất làm sạch η khi chuyển từ loại xiclôn này sang loại xiclôn khác (hình III.10);



Hình III.9. **Hiệu suất làm sạch riêng phần trong xiclôn ЦH-15:** điều kiện làm sạch D = 600 mm, khối lượng riêng của bụi ρ = 1930kg/m^3; $\Delta p/\rho g$ = 75m; t = 210°C; khối lượng riêng của khí ở điều kiện tiêu chuẩn ρ_o = 1,32kg/m^3; nồng độ bụi ban đầu 1,7g/m^3

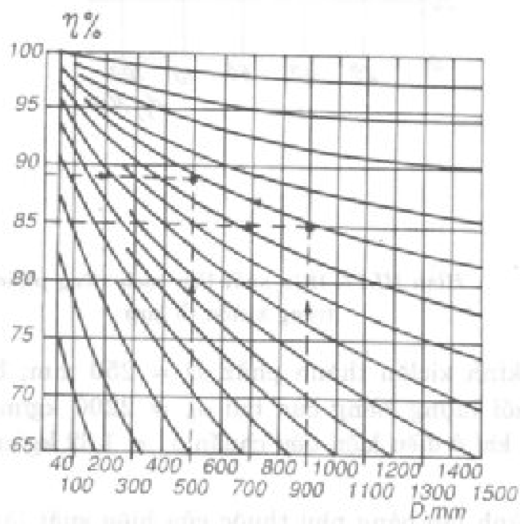


Hình III.10. **Sự phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào kiểu xiclôn**

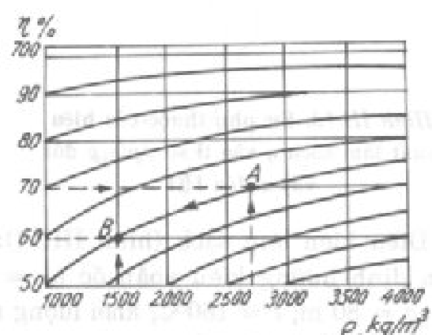
b) đồ thị phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào đường kính xiclôn D (hình III.11);

c) đồ thị phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào khối lượng riêng của hạt bụi ρ_b (hình III:12);

d) đồ thị phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào tỉ số $\Delta p/\rho_k g$ (Δp- sức cản thủy lực của xiclôn, N/m^2; ρ_k- khối lượng riêng của khí ở áp suất và nhiệt độ làm việc, hình III.13).



Hình III.11. **Đồ thị phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào đường kính xiclôn đối với xiclôn ЦH**



Hình III.12. **Đồ thị phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào khối lượng riêng của bụi ρ_b đối với xiclôn ЦH**

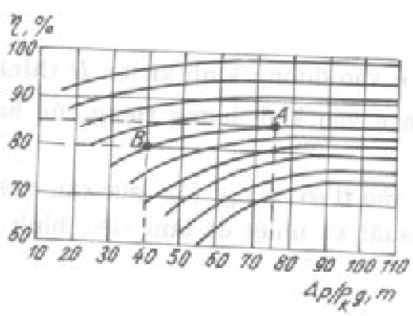
Ví dụ, đối với xiclôn ЦН-15 có $\eta = 90\%$ (điểm A). Bây giờ tìm hiệu suất η ứng với xiclôn ЦН-24. Cách làm như sau: từ điểm A ta kẻ một đường song song với trục tung, cắt đường ЦН-24 tại B. Từ điểm B ta xác định được hiệu suất $\eta \approx 82,7\%$.

Ví dụ, đối với xiclôn có đường kính $D = 900$mm, hiệu suất làm sạch $\eta = 85\%$ (tại điểm A). Muốn tìm hiệu suất làm sạch η đối với xiclôn có đường kính $D = 500$ mm, từ $D = 500$mm kẻ một đường thẳng song song với trục tung cắt đường cong đi qua A tại B. Tung độ B là hiệu suất làm sạch ta cần tìm $\eta = 88\%$.

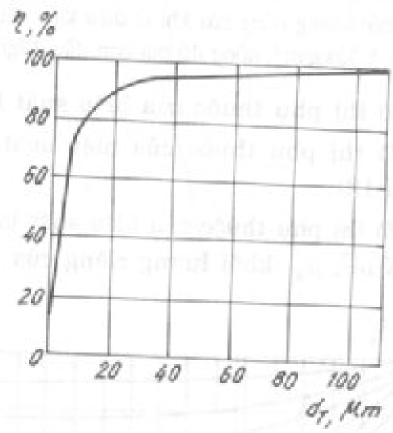
Ví dụ, khi $\rho_b = 2700$kg/m^3 và $\eta = 70\%$ ta xác định được điểm A. Muốn tìm hiệu suất làm sạch η khi $\eta_b = 1500$ kg/m^3, ta kẻ từ $\rho_b = 1500$kg/m^3 một đường thẳng song song với trục tung cắt đường cong đi qua điểm A tại B. Từ điểm B đó ta xác định được hiệu suất làm sạch $\eta = 60\%$.

Ví dụ, khi $\dfrac{\Delta p}{\rho_k g} = 75$m, hiệu suất $\eta = 85\%$ (tại điểm A).

Muốn tìm hiệu suất làm sạch η khi $\dfrac{\Delta p}{\rho_k g} = 400$m, ta kẻ một đường thẳng song song với trục tung cắt đường cong đi qua điểm A tại B. Từ điểm B ta tìm được hiệu suất làm sạch $\eta = 80\%$.



Hình III.13. **Sự phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào tỉ số $\Delta p/\rho_k g$ đối với xiclôn ЦН**



Hình III.14. **Hiệu suất làm sạch riêng phần trong xiclôn tổ hợp**

Điều kiện làm sạch (hình III.14): đường kính xiclôn thành phần $D = 250$ mm; bộ phận định hướng kiểu xoắn ốc ($\alpha = 25^o$); khối lượng riêng của bụi $\rho_b = 2200$ kg/m^3; $\Delta p/\rho_k g = 80$ m; $t = 180^oC$; khối lượng riêng của khí ở điều kiện tiêu chuẩn $\rho_o = 1,32$ kg/m^3; nồng độ của bụi 18g/m^3.

Việc tính toán được kết thúc bằng việc thành lập bảng phụ thuộc của hiệu suất làm sạch ρ vào đường kính và kiểu xiclôn. Bảng III.12 thể hiện ví dụ về việc thành lập bảng này.

Bảng III.12. **Bảng tính toán để chọn kiểu và đường kính xiclôn ЦН khi làm sạch khí**

Kiểu xiclôn	Đường kính xiclôn, mm								
	100	200	300	400	500	600	700	900	1000
	Hiệu suất làm sạch η	%							
ЦН–11	97,0	96,0	95,0	94,0	93,0	92,0	91,5	91,0	
ЦН–15	96,5	94,5	93,0	91,8	90,8	89,0	88,3	88,0	
ЦН–15Y	95,5	93,0	91,0	89,0	88,0	86,0	85,5	84,5	–
ЦН–24	94,0	91,0	88,0	85,5	84,0	81,5	81,5	80,0	75,5

Bảng III.13. **Giá trị gần đúng của hiệu suất làm sạch $\rho(\%)$ đối với xiclôn ЦН và xiclôn thành phần của xiclôn tổ hợp**

$$(\rho_b = 2300 kg/m^3; \quad \frac{\Delta p}{\rho_k g} = 75m)$$

Kiểu xiclôn		Đường kính xiclôn, mm	Kích thước hạt bụi, μm		
			5	10	20
ЦН–15		800 600 400 200 100	50 55 69 77 83	85 87 89 93 95	97,5 98 98,5 99 99,8
ЦН–15Y		800 200	40 70	81 91	97 99
ЦН–24		1000 500	30 41	70 79	96 97
ЦН–11		800 100	65 85	90 97	98 99,8
Xiclôn tổ hợp	định hướng kiểu xoắn ốc định hướng kiểu guồng " "	250 250 150 100	63 72 78 82	78 84 88 91	91 93 95 96

Hiệu suất làm sạch đối với nhóm xiclôn ЦН được tính như đối với xiclôn đơn chiếc. Giá trị gần đúng của hiệu suất làm sạch η cho ở bảng III.13.

Nếu chưa biết thành phần bụi, thì để tính toán gần đúng ta có thể sử dụng số liệu cho trong bảng III.14a.

Bảng III.14a. **Đặc trưng của bụi tạo thành trong sản xuất**

Tên thiết bị	Vật liệu tạo bụi	Hàm lượng bụi ở điều kiện tiêu chuẩn, g/m³	Kích thước hạt bụi, μm									Khối lượng riêng của bụi ρ, kg/m³
			0–5	5–10	5–10	10–20	20–30	30–40	40–60	60–90	> 90	
			Thành phần nhóm bụi, % khối lượng									
Máy nghiền bi	Ximăng	–	16,6	11,8	34,0	16,6	11,8	3,1	2,9	2,3	0,9	2900
Lò nung ximăng thùng quay (phương pháp ướt)	Các cấu tử của nguyên liệu làm ximăng, tro nhiên liệu	~8	24,2	18,1	2,2	26,8	13,3	10,4	2,9	2,1	–	2700
Lò sấy than kiểu thùng quay	Than đá	–	17,5	20,3	11,8	10,3	17,0	9,7	10,2	1,0	2,2	1600
Lò ống đề đốt magiêzit	Chất ăn da	~60	11,0	16,0	17,0	10,0	15,0	10,0	6,0	1,0	5,0	2560
Lò nồi hơi	Cốc	~3,6	3,7	4,3	1,9	2,7	3,0	3,8	6,6	10,0	62,7	1900
Lò nung thạch cao ở trạng thái tầng sôi	Thạch cao	–	6,0	19,0	18,0	10,0	11,5	6,5	14,0	11,3	7,5	2400
Máy nghiền kiểu hầm	Thạch cao	–	9,1	15,1	1,9	6,2	8,8	11,1	15,5	7,5	17,6	~2400
Sấy thùng quay	Quặng apatit tinh	20–120	27,5	25,5	5,5	9,7	19,2	7,7	4,0	0,8	0,1	3000

§10. Hiệu suất làm sạch của xiclôn tổ hợp

51. Hình III.14 thể hiện hiệu suất làm sạch riêng phần của khí trong xiclôn tổ hợp. Các xiclôn thành phần có đường kính D = 250 mm, bộ phận định hướng kiểu xoắn ốc (α = 25°). Đồ thị đó là cơ sở để xác định hiệu suất làm sạch trong xiclôn có kiểu và đường kính khác nhau.

Hiệu suất làm sạch η của xiclôn tổ hợp được xác định theo thứ tự sau:

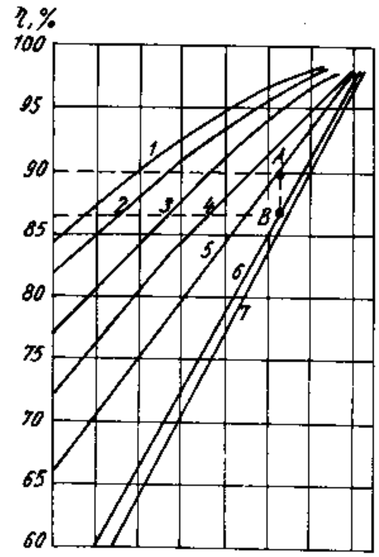
Theo hình III.14 ta xác định hiệu suất làm sạch riêng phần đối với thành phần bụi ban đầu, sau đó tính hiệu suất làm sạch η theo công thức (III.62) đối với những điều kiện đã chỉ ra trên hình vẽ. Tiếp theo là tính chuyển giá trị η trong những điều kiện đã cho đối với xiclôn thành phần có kiểu và đường kính khác nhau, ta dùng những đồ thị sau đây:

a) đồ thị để tính hiệu suất làm sạch η khi thay đổi từ kiểu xiclôn này sang kiểu xiclôn khác (hình III.15);

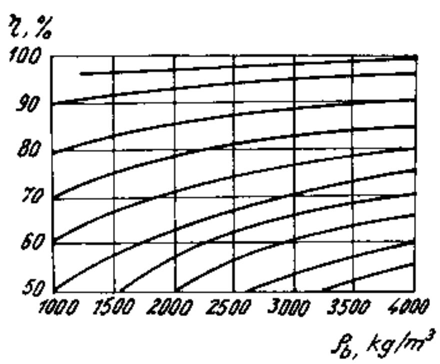
b) đồ thị phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào khối lượng riêng của bụi ρ_b (h.III.16);

c) đồ thị phụ thuộc của hiệu suất làm sạch vào tỉ số $\frac{\Delta p}{\rho_k g}$ (hình III.17).

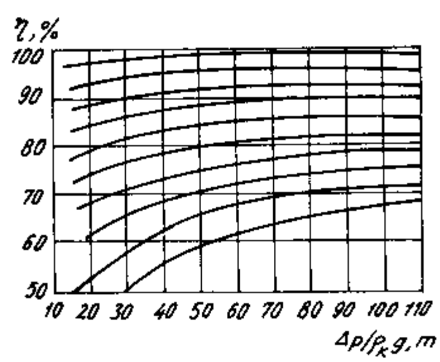
Giá trị gần đúng của hiệu suất làm sạch cho ở bảng III.13.



Hình III.15. Sự phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào kiểu và đường kính của xiclôn thành phần trong xiclôn tổ hợp



Hình III.16. Sự phụ thuộc của hiệu suất làm sạch η vào khối lượng riêng ρ_b đối với xiclôn tổ hợp (ví dụ xem hình III.12)



Hình III.17. Sự thay đổi hiệu suất làm sạch theo tỉ số $\Delta p/\rho_k g$ đối với xiclôn tổ hợp (ví dụ xem hình III.13)

Ký hiệu các đường trên hình III.15

1- D = 400mm; bộ phận định hướng kiểu guồng α = 25°

2- D = 60mm; bộ phận định hướng kiểu guồng α = 25°

3- D = 100mm; bộ phận định hướng kiểu guồng α = 25°

4- D = 150mm; bộ phận định hướng kiểu guồng α = 25°

5- D = 250mm; bộ phận định hướng kiểu guồng α = 25°

6- D = 250mm; bộ phận định hướng kiểu xoắn ốc α = 25°

7- D = 250mm; bộ phận định hướng kiểu guồng α = 30°

Ví dụ, đối với xiclôn thành phần 5 (D = 250 mm, guồng α = 25°) ta có η = 90% (điểm A). Để xác định giá trị η cho xiclôn thành phần *6* (D = 250 mm, xoắn ốc, α = 25°), ta kẻ từ điểm A đường vuông góc với trục hoành cắt đường *6* ở điểm B. Tung độ điểm B cho ta giá trị cần tìm $\eta \approx 86,5\%$.

§11. Sức cản thủy lực của xiclôn

52. Sức cản thủy lực của xiclôn CH (hình III.5), nhóm xiclôn CH(hình III.6) hay là xiclôn tổ hợp (hình III.7) được xác định theo công thức

$$\Delta p = \xi \frac{\rho_k w_q}{2}, \quad N/m^2; \qquad (III.63)$$

trong đó ξ - hệ số trở lực của xiclôn được tính theo tốc độ qui ước w_q (bảng III.10); ρ_k- khối lượng riêng của khí ở áp suất và nhiệt độ làm việc trong xiclôn, kg/m³; w_q- tốc độ qui ước của khí, là tỉ số giữa lưu lượng thể tích khi tính cho một giây và một đơn vị diện tích mặt cắt của thân xiclôn, m/s; tốc độ qui ước được tính theo các công thức trong mục 34 hay tính theo công thức sau:

$$w_q = \frac{V}{0,785\, D^2}, \ m/s; \qquad (III.64)$$

trong đó V- lưu lượng khí qua xiclôn, m³/s; D- đường kính trong của xiclôn, m;

Tốc độ biểu kiến trong xiclôn thành phần không được nhỏ hơn 2,2 ... 2,5 m/s để loại trừ khả năng tắc do đọng bụi.

53. Điều kiện làm việc bình thường của xiclôn đơn cũng như xiclôn tổ hợp được đảm bảo khi:

$$\frac{\Delta p}{\rho_k g} = 35 \div 75m \qquad (III.65a)$$

Nếu chọn giá trị tỉ số trên cao hơn thì tiêu tốn năng lượng sẽ lớn hơn, mặc dù hiệu suất làm sạch hầu như không thay đổi, nếu chọn giá trị tỉ số trên thấp hơn thì hiệu suất làm sạch sẽ giảm nhiều.

54. Thể tích làm việc của khí đi qua một xiclôn ЦH hay đi qua một xiclôn thành phần trong xiclôn tổ hợp được xác định theo công thức:

$$V = 0,785 w_q D^2 = 3,48 D^2 \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho_k g \cdot \zeta}}, \ m^3/s; \qquad (III.65b)$$

hay:

$$V = 5,8\, D^2 \sqrt{\frac{\Delta p (273 + t)}{\rho_o g p_k \cdot \zeta}}, \ m^3/s; \qquad (III.66)$$

trong đó ngoài các ký hiệu đã biết: ρ_o- khối lượng riêng của khí ở điều kiện tiêu chuẩn, kg/m^3; p_k - áp suất tuyệt đối của khí trong buồng phân phối (ở cửa ra vào xiclôn), tor; t- nhiệt độ của khí, °C; Δp - sức cản thủy lực tính theo công thức (III.63), N/m^2.

55. Số xiclôn thành phần trong xiclôn tổ hợp được xác định theo công thức (III.51):

$$n = \frac{V_{ch}}{V} = 0{,}287\,\frac{V_{ch}}{D^2}\sqrt{\frac{\rho_k g.\xi}{\Delta p\, D^2}} = 0{,}172\sqrt{\frac{V_{ch}\,\rho_o g.p_k}{\Delta p(t+273)}}\,; \quad \text{(III.68)}$$

trong đó ngoài các ký hiệu đã biết thì V_{ch}- lưu lượng khí qua xiclôn tổ hợp, m^3/s.

Trị số năng suất gần đúng đối với xiclônЦH có thể xác định theo hình III.18.

Trị số năng suất gần đúng đối với một xiclôn thành phần trong xiclôn tổ hợp có thể xác định theo hình III.18a.

§12. Thứ tự tính toán xiclôn

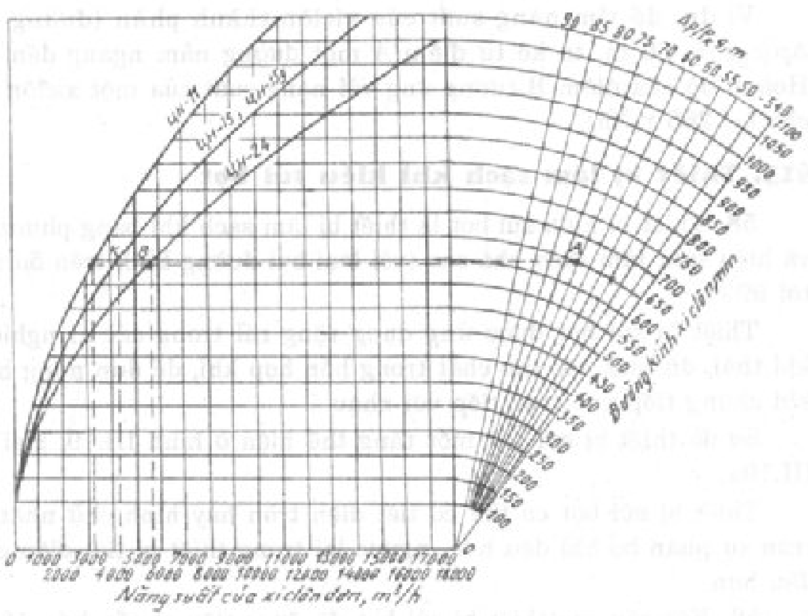
56. Khi tính toán cần biết trước những số liệu chủ yếu sau đây:

- thể tích khí sạch ở điều kiện tiêu chuẩn, m^3/h;
- nhiệt độ khí vào xiclôn, °C;
- điểm sương, °C;
- khối lượng riêng khí ở điều kiện tiêu chuẩn, kg/m^3;
- hàm lượng hơi nước trong khí, kg/kg (hay %);
- hàm lượng bụi ban đầu của khí vào xiclôn ở điều kiện tiêu chuẩn, g/m^3;
- thành phần bụi theo từng phần kích thước, % khối lượng;
- độ dính của bụi;
- khối lượng riêng và khối lượng riêng xốp của bụi, kg/m^3;
- áp suất của khí ở cửa vào xiclôn, N/m^2;
- yêu cầu độ làm sạch khí.

57. Khi thiết kế xiclôn cần tiến hành theo những bước sau:

a) Qui định nhóm kết dính bụi theo các số liệu đã cho ở bảng III.6 và III.8. Kiểm tra hàm lượng bụi ban đầu của khí và hàm lượng cho phép cực đại theo bảng III.7 và III.9.

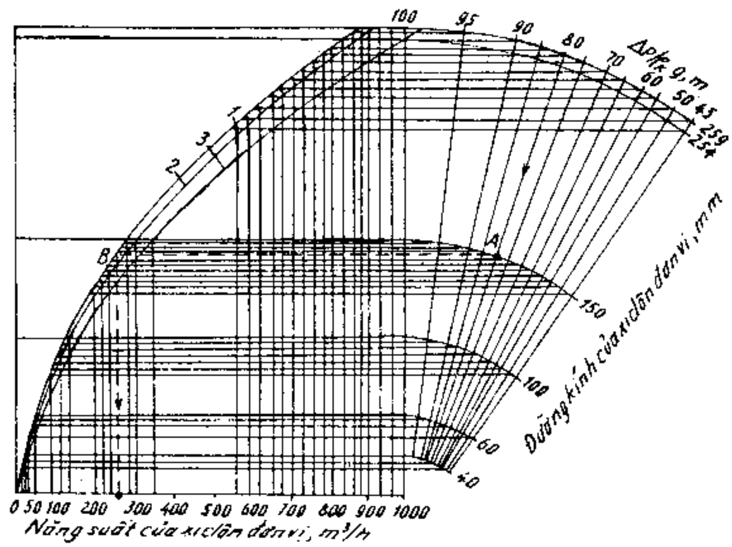
b) Để xác định hiệu suất làm sạch cần phải biết thành



Hình III.18. Đồ thị để xác định năng suất và sức cản thủy lực của xiclôn ЦH

phần của bụi. Nếu chưa biết, để tính gần đúng có thể lấy những số liệu ở bảng III.14a.

c) Sử dụng các hình III.9 ÷ III.13 hay các hình III.14 ÷ III.17 để xác định hiệu suất làm sạch dự kiến theo kiểu xiclôn. Sau đó chọn kiểu và đường kính của xiclôn ЦH hay xiclôn thành phần trong xiclôn tổ hợp sao cho đáp ứng những yêu cầu đã cho.



Hình III18a. **Đồ thị để xác định năng suất gần đúng và sức cản thủy lực của xiclôn tổ hợp:**
1- định hướng kiểu guồng $\alpha = 25^{o}$; 2- định hướng kiểu xoắn ốc $\alpha = 25^{o}$; 3 - định hướng kiểu guồng $\alpha = 30^{o}$

d) Xác định kiểu và đường kính của xiclôn. Sau đó xác định thể tích của khí, số lượng xiclôn và tốc độ qui ước (tốc độ biểu kiến) của khí trong xiclôn.

Ví dụ, để tìm năng suất của xiclôn có đường kính D = 650 mm khi $\Delta p/\rho_k g$ = 70 m, ta kẻ từ điểm A theo đường nằm ngang đến cắt các đường cong ЦH-24, ЦH-15, ЦH-11. Hoành độ các điểm B, K, L tương ứng với năng suất của các loại xiclôn khác nhau.

Ví dụ, để tìm năng suất của xiclôn thành phần (đường 1) với D = 150 mm khi $\Delta p/\rho_k g$ = 80 m, ta kẻ từ điểm A một đường nằm ngang đến gặp đường 1 tại điểm B. Hoành độ của điểm B tương ứng với năng suất của một xiclôn thành phần theo kiểu đã cho (~ 265 m^3/h).

§13. Thiết bị làm sạch khí kiểu sủi bọt

58. Thiết bị kiểu sủi bọt là thiết bị làm sạch khí bằng phương pháp ướt, có năng suất và hiệu suất làm sạch khá cao (với loại bụi đường kính trên 5μ m hiệu suất làm sạch đạt tới 99%).

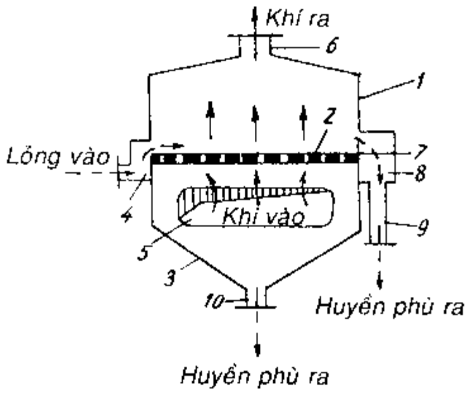
Thiết bị sủi bọt được ứng dụng rộng rãi trong các xí nghiệp hóa chất để làm sạch khí thải, để tách các tạp chất trong hỗn hợp khí, để đun nóng hay làm nguội khí và lỏng khi chúng tiếp xúc trực tiếp với nhau...

Sơ đồ thiết bị sủi bọt một tầng thể hiện ở hình III.19, loại ba tầng thể hiện ở hình III.19a.

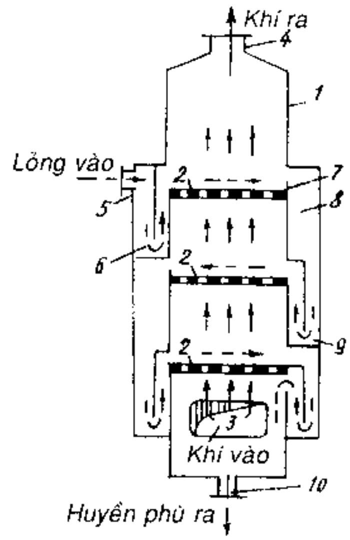
Thiết bị sủi bọt có thể có tiết diện tròn hay hình chữ nhật. Trong thiết bị tiết diện tròn sự phân bố khí đều hơn, ngược lại trong thiết bị tiết diện chữ nhật sự phân bố lỏng đều hơn.

59. Kết cấu các thiết bị sủi bọt đã được tiêu chuẩn hóa để làm sạch khí ở nhiệt độ

nhỏ hơn 100°C và hàm lượng bụi không quá 200 ... 300 g/m³. Thiết bị sủi bọt có thể làm việc ở nhiệt độ cao hơn nhưng khi đó lượng nước tiêu tốn lớn hơn lượng nước theo tiêu chuẩn, vì vậy cần thêm vào hệ số điều chỉnh ứng với cân bằng nhiệt lượng của thiết bị.



Hình III.19. **Thiết bị sủi bọt một tầng:**
1- thân thiết bị; 2- lưới; 3- bunke; 4- hộp chứa pha lỏng; 5- cửa khí bẩn vào; 6- cửa khí sạch ra; 7- cửa tràn; 8- hộp chảy tràn; 9, 10- cửa huyền phù ra



Hình III.19a. **Thiết bị sủi bọt hạ tầng:**
1- thân thiết bị; 2- lưới; 3- cửa khí bẩn vào; 4- cửa khí sạch ra; 5- cửa lỏng vào; 6- túi chứa lỏng; 7- cửa tràn; 8- hộp chảy tràn; 9- van thủy lực; 10- cửa huyền phù ra

Khi nhiệt độ khí lớn hơn 400°C cơ cấu thiết bị cần phải bền và không có biến dạng nhiệt, cần phải chú ý đến sự biến đổi thể tích khí (tốc độ) do làm lạnh hay đun nóng.

Các thiết bị tiêu chuẩn được tính với áp suất dư (hoặc chân không) không quá 200 mm H_2O. Trong tiêu chuẩn của Liên Xô (cũ) đưa ra hai loại thiết bị sủi bọt một tầng và hai tầng sau đây:

a) thiết bị tháo nước qua ống chảy chuyền trên lưới - ПГС (bảng III.14b và bảng III.16);

b) thiết bị không có ống chảy chuyền, nước hoàn toàn chảy qua lỗ lưới ПГП - (bảng III.15).

Độ làm sạch chung của hai loại thiết bị đó giống nhau khi điều kiện làm việc như nhau.

Thiết bị ПГС có thể làm việc được khi lượng tiêu tốn riêng của nước bé cũng như lưu lượng nước và khí dao động khá nhiều.

Thiết bị ПГП có cấu tạo đơn giản hơn và trở lực bé hơn một ít, chúng được ứng dụng khi lưu lượng nước lớn và biến đổi tải trọng ít.

Số tầng của thiết bị sủi bọt phụ thuộc vào hai yếu tố: độ làm sạch khí và nồng độ bụi ban đầu của khí. Khi nồng độ bụi ban đầu của khí khoảng 15 đến 20 g/m³ thì dùng thiết bị ПГС và ПГП một tầng. Khi nồng độ bụi ban đầu lớn hơn (nhưng dưới 300 g/m³) thì dùng loại hai tầng.

Việc lựa chọn kiểu thiết bị một tầng xuất phát từ năng suất ban đầu đã cho khi tốc độ khí là 2 m/s và chiều cao lớp bọt là 90 mm. Trong tiêu chuẩn Liên Xô đưa ra những số liệu của thiết bị sủi bọt có năng suất bé hơn 50000 m³/h, nếu năng suất đã cho lớn hơn 50000 m³/h thì phải đặt nhiều thiết bị thành một hệ thống.

Trong bảng III.17 đưa ra các thông số hình học của lưới, chiều dày thích hợp của lưới khoảng 4 đến 6 mm. Khi cần thiết có thể tăng chiều dày đến 15 mm. Bước và đường

kính lỗ thay đổi theo độ làm sạch khí. Bề mặt tự do của lưới dao động trong khoảng 8 đến 30% bề mặt mặt cắt thiết bị.

Khi bụi dễ hòa tan có thể dùng lưới với đường kính lỗ 3 đến 4 mm và bề mặt tự do khoảng 20 đến 23%.

Khi thay đổi các đặc trưng của lưới cần phải tính toán đến sự biến đổi các thông số về chế độ thủy động lực như chiều cao bọt, trở lực...

60. Tốc độ khí đi qua bề mặt tự do của thiết bị thường từ 0,7 đến 3,5 m/s. Khi tốc độ bé không tạo bọt, khi tốc độ lớn dòng khí cũng sẽ phá hủy lớp bọt và mang theo chất lỏng. Thông thường trong điều kiện ổn định ta chọn tốc độ khí khoảng 2 m/s.

61. Diện tích mặt cắt ngang của thiết bị tính theo công thức:

$$F = V/w,\ m^2; \qquad (III.69)$$

trong đó V- lưu lượng khí, m^3/s; w- tốc độ khí đi qua mặt cắt tự do của thiết bị, m/s.

62. Đường kính lỗ lấy khoảng 2 đến 8 mm. Hình dạng của lỗ có thể tròn, dẹt... Bước lỗ xác định theo công thức sau:

$$m = d_1 \frac{F_1}{Z.F},\ mm; \qquad (III.70)$$

trong đó d_1- đường kính lỗ lưới, m; F_1- tổng diện tích của các lỗ, m^2; F- diện tích mặt cắt ngang của thiết bị; Z- tỉ số diện tích lưới và diện tích mặt cắt ngang của thiết bị, thường lấy $Z = 0{,}95$.

Chọn diện tích mặt cắt tự do của lưới tùy thuộc vào tốc độ khí qua lỗ w_1, cần chú ý tới việc khi bị làm lạnh đột ngột:

$$F_1 = \frac{F.w.T_1}{w_1.T_k},\ m^2; \qquad (III.71)$$

trong đó w- tốc độ khí qua toàn bộ thiết bị, m/s; w_1- tốc độ khí qua lỗ, m/s; T_1- nhiệt độ khí dưới lưới, ^oK (nhiệt độ này được xác định từ cân bằng nhiệt của thiết bị); T_k- nhiệt độ khí đi vào thiết bị, ^oK; F- diện tích mặt cắt ngang của thiết bị, m^2.

63. Lượng nước cần thiết phụ thuộc vào nhiệt độ của khí, hàm lượng bụi trong khí và nồng độ cho phép của huyền phù. Thường lượng nước tiêu hao khoảng 0,2 đến 0,3 lít/m^3 khí được làm sạch.

64. Lượng bụi tách ra khỏi khí:

$$G = V(X_d - X_c),\ kg/s; \qquad (III.72)$$

trong đó X_d, X_c- nồng độ bụi trong khí trước và sau khi làm sạch, kg/m^3; V- lưu lượng khí, m^3/s.

65. Nước vào thiết bị rồi chia ra làm hai phần: một phần chảy dọc theo lưới rồi chảy tràn ra ngoài thiết bị, một phần chảy qua các lỗ và tập trung ở đáy dưới dạng huyền phù. Trường hợp làm sạch khí có nhiệt độ thấp hơn 100°C, trong thiết bị lưới có chiều dài 1 đến 2 m. Chiều cao tấm chảy tràn nhỏ hơn hoặc bằng 40 mm, cường độ chảy của dòng nước ở cửa vào tới 6 m^3/m.h.

Để đảm bảo tạo bọt đồng đều, lượng nước chảy qua lỗ không nên lớn hơn 50% lượng nước chung.

a) Lượng nước chảy qua lỗ:

$$W'_l = \frac{k.G}{c}, \text{ kg/s;} \qquad \text{(III.73)}$$

trong đó G- lượng bụi tách khỏi khí, kg/s; k- hệ số phân phối bụi, biểu diễn tỉ số giữa lượng bụi theo nước qua lưới và lượng bụi chung, k = 0,6 ... 0,8; c- nồng độ huyền phù, kg rắn/kg lỏng, thường lấy c = 1/10 ... 1/5.

b) Xác định lượng nước chảy tràn, theo công thức:

$$W'_{tr} = i.b, \text{ m}^3\text{/h;} \qquad \text{(III.74)}$$

trong đó b- chiều dài miệng lỗ chảy tràn, m; i- cường độ dòng chảy tràn ở cửa tràn của lưới, yêu cầu cần đạt là $W'_{tr} \geq W'_l$.

c) Lượng nước tiêu hao chung:

$$W' = W'_{tr} + W'_l . \qquad \text{(III.75)}$$

66. Chiều cao lớp bọt H có trong bảng III.14b và III.16 được xác định theo công thức sau:

$$H = 4{,}35.10^{-5} \frac{H_o^{0,6}\, w^{0,5}}{\left(\frac{\sigma}{9{,}81}\right) 1{,}3.\upsilon^{0,25}}, \text{ m;} \qquad \text{(III.76)}$$

trong đó H_o- chiều cao lớp chất lỏng ban đầu, m; w- tốc độ khí đi qua toàn bộ mặt cắt ngang của thiết bị, m/s; σ- sức căng bề mặt của chất lỏng, N/m; υ- độ nhớt động học của chất lỏng, m^2/s.

Đối với hệ không khí và nước có thể xác định chiều cao của bọt theo mặt cắt tự do của lưới

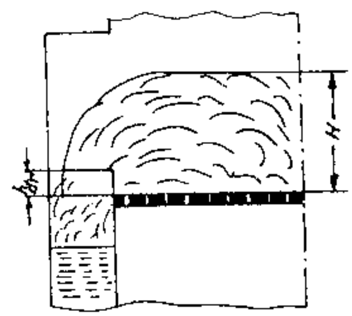
a) đối với lưới có mặt cắt tự do S_o nhỏ hơn 18%

$$H = 0{,}35w(H_o + 0{,}075) + 2H_o; \qquad \text{(III.77)}$$

b) đối với lưới có mặt cắt tự do S_o = 18 ... 30%

$$H = (0{,}65w(H_o + 0{,}015) + 2H_o; \qquad \text{(III.78)}$$

trong đó H- chiều cao bọt, m; w- tốc độ khí qua toàn bộ mặt cắt của thiết bị, m/s; H_o- chiều cao lớp chất lỏng ban đầu, m.



Hình III.20. Sơ đồ tháo nước qua ống chảy tràn

67. Chiều cao ban đầu của lớp chất lỏng trên cửa tràn:

$$h_d = (3{,}15 - 0{,}005i)\sqrt[3]{i^2} \approx 3.\sqrt[3]{i^2}, \text{ mm;} \qquad \text{(III.79)}$$

trong đó i- cường độ của dòng chất lỏng, m^3/m.h

Cường độ của dòng là tỉ số giữa thể tích chất lỏng chảy qua ống chảy tràn và chiều dài lỗ chảy tràn:

$$i = \frac{L_{tr}}{b.\rho} = \frac{L}{2b_{tr}\rho}, \text{ m}^3\text{/mh;} \qquad \text{(III.80)}$$

trong đó b_{tr}- chiều dài lỗ chảy tràn (khi mặt cắt thiết bị vuông thì b_{tr} thường bằng chiều rộng của lưới), m; L- lượng chất lỏng qua đĩa, kg/h; ρ- khối lượng riêng của chất lỏng kg/m^3.

Bảng III.14b. **Những số liệu cơ bản để chọn thiết bị sủi bọt một tầng có bộ phận chảy tràn dẫn nước ra phía trên lưới (thiết bị kiểu ПГС-АТU)**

Ký hiệu thiết bị	Lưu lượng khí,		Lưu lượng nước,		Tốc độ khí trong thiết bị, m/s	Trở lực của tấm ngăn trong thiết bị, mmH_2O	Chiều cao lớp bọt, mm	Bề mặt lưới, m^2	Chiều cao của chảy tràn, mm	Chiều cao thiết bị, mm
	m^3/h	m^3/s	l/m^3	m3/h						
	2100	0,58			1,4	31	73			
3	3000	0,83	0,2	0,6	2,0	36	90	0,42	60	2195
	3900	1,08			2,6	44	105			
	3850	1,07			1,4	31	73			
5,5	5500	1,53	0,21	1,15	2,0	36	90	0,77	60	2460
	7100	1,97			2,6	44	105			
	7000	1,94			1,4	31	75			
10	10000	2,78	0,23	2,3	2,0	36	90	1,40	55	2920
	13000	3,61			2,6	44	105			
	12000	3,33			1,5	32	80			
16	16000	4,45	0,25	4,0	2,0	36	90	2,24	55	3420
	20000	5,55			2,5	43	100			
	18500	5,14			1,6	36	82			
23	23000	6,39	0,25	5,75	2,0	31	90	3,22	55	4490
	28500	7,91			2,5	49	100			
	24000	6,66			1,6	36	82			
30	30000	8,33	0,28	8,4	2,0	31	90	4,2	50	4950
	37500	10,41			2,5	49	100			
	33000	9,61			1,6	37	83			
40	40000	11,11	0,3	12,0	2,0	41	90	5,6	50	5750
	48000	13,33			2,4	47	100			
	42500	9,16			1,7	38	85			
50	50000	11,11	0,3	15,0	2,0	41	90	7,00	50	6030
	60000	13,33			2,4	37	100			

Bảng III.15. **Những số liệu cơ bản để chọn thiết bị sủi bọt một tầng mà nước hoàn toàn chảy qua các lỗ lưới (thiết bị kiểu ПГ - АТ)**

Ký hiệu thiết bị	Lưu lượng khí,		Lưu lượng nước,		Tốc độ khí trong thiết bị, m/s	Trở lực của tấm ngăn trong thiết bị, mmH_2O	Chiều cao lớp bọt, mm	Bề mặt lưới, m^2	Chiều cao thiết bị, mm
	m^3/h	m^3/s	l/m^3	m^3/h					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2400	0,67			1,6	30	70		
3	3000	0,83	0,8	2,4	2,0	34	90	0,42	2275
	3600	1,00			2,4	40	120		

Tiếp bảng III.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4,5	3600 4500 5400	1,0 1,25 1,50	0,8	3,6	1,6 2,0 2,4	30 34 40	70 90 120	0,63	2410
6,5	5300 6500 7800	1,48 1,80 1,26	0,82	5,53	1,65 2,0 2,4	31 34 39	75 90 120	0,91	2660
9	7600 9000 10500	2,12 2,50 2,92	0,82	7,4	1,7 2,0 2,35	31 34 39	75 90 120	1,26	2920
12	10200 12000 14000	2,84 3,33 3,81	0,85	10,2	1,7 2,0 2,3	31 34 38	75 90 110	1,68	3180
16	13600 16000 18400	3,78 4,45 5,11	0,85	13,6	1,7 2,0 2,3	31 34 38	75 90 110	2,24	3510
21	17900 21000 24000	4,97 5,83 6,72	0,87	18,3	1,7 2,0 2,3	31 34 38	75 90 110	2,94	4220
28	23800 28000 32000	6,60 7,87 8,93	0,87	24,4	1,7 2,0 2,3	31 34 38	75 90 110	3,92	4730
35	30000 35000 40000	8,33 9,72 11,11	0,9	31,5	1,7 2,0 2,3	31 34 38	75 90 110	4,90	5160
45	38000 45000 52000	10,56 12,50 14,45	0,9	40,5	1,7 2,0 2,3	31 34 38	75 90 110	6,30	5680

68. Chiều cao cửa tràn (hình III.20):

$$h_{ctr} = \frac{H(H_o^{0,6} - h_d^{0,6})}{H_o^{0,6}}, \text{ m;} \qquad \text{(III.81)}$$

trong đó H - chiều cao lớp bọt, m; H_o - chiều cao lớp chất lỏng ban đầu trên lưới, m; h_d- chiều cao ban đầu của lớp chất lỏng trên cửa tràn, m.

***Bảng III.16.* Những số liệu cơ bản để chọn thiết bị sủi bọt hai tầng có bộ phận chảy tràn dẫn nước ra phía trên lưới**

Ký hiệu thiết bị	Lưu lượng khí		Lưu lượng nước		Tốc độ khí trong thiết bị, m/s	Sức cản thủy lực của hai ngăn, mmH_2O	Chiều cao lớp bọt, mm	Bề mặt lưới, m^2	Chiều cao của chảy tràn, mm	Chiều cao thiết bị, mm
	m^3/h	m^3/s	$ml/^3$	m^3/h						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,0	2100 3000 3900	0,58 0,83 1,08	0,2	0,6	1,4 2,0 2,6	67 77 93	73 90 105	0,42	60	2595

Tiếp bảng III.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5,5	3800 5500 7100	1,07 1,53 1,97	0,31	1,15	1,4 2,0 2,6	67 77 93	73 90 105	0,77	60	2860
10	7000 10000 13000	1,94 2,78 3,61	0,23	2,3	1,4 2,0 2,6	67 77 93	73 90 105	1,40	55	3320
16	12000 16000 20000	3,33 4,45 5,55	0,25	4,0	1,5 2,0 2,5	69 77 90	80 90 100	2,24	55	3820

Bảng III.17. Các thông số hình học của lưới

Bước lỗ, mm	Đường kính lỗ, mm	Bề mặt tự do lý thuyết, %	Bước lỗ, mm	Đường kính lỗ, mm	Bề mặt tự do lý thuyết, %
6	3	22,6	12	5	15,7
8	4	22,6	12	6	22,6
9	4	17,9	13	5	13,4
10	5	22,5	13	6	19,3
10	5,5	27,2	14	6	16,7
11	5	18,7	16	7	17,4
11	6	27,1	18	8	17,9

§14. Hiệu suất làm sạch của thiết bị sủi bọt

69. Hiệu suất chung được xác định theo công thức (III.60).

70. Hiệu suất riêng phần được xác định theo công thức (III.61).

71. Nếu biết hiệu suất riêng phần có thể xác định gần đúng hiệu suất chung theo công thức sau:

$$\eta = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^{n} (\eta_{rpi} \Phi_i); \qquad \text{(III.82)}$$

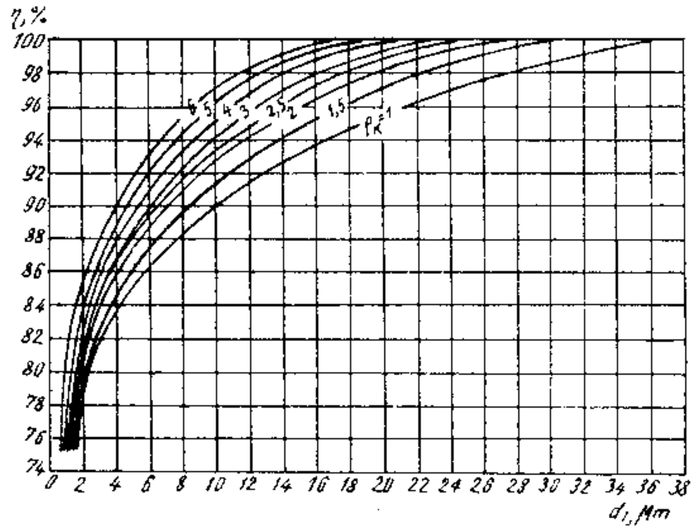
hay theo công thức (III.62);

trong đó i- số thứ tự từng phần; η_{rpi}- hiệu suất riêng phần, %; Φ_i- hàm lượng của mỗi phần, %.

72. Khi tính toán chế độ làm việc của các thiết bị sủi bọt đã được tiêu chuẩn hóa (w = 2 m/s; H = 90 mm) ta có thể xác định hiệu suất riêng phần khá chính xác theo đồ thị phụ thuộc hiệu suất riêng phần vào tính chất bụi, đường kính hạt d_T và khối lượng riêng của chúng ρ_b.

a) Theo hình III.21:

- đối với bụi hút ẩm (SiO_2, $CaCO_3$, Al_2O_3, $BaSO_4$, CuO...);
- đối với bụi không hút ẩm (gỗ, than đá, S, ZnS, FeS_2, PbS...).



Hình III.21. **Đồ thị xác định hiệu suất riêng phần của thiết bị sủi bọt đối với bụi hút ẩm khi $\rho_b.d_T^2$ > 1 và đối với bụi không hút ẩm khi $\rho_b.d_T^2$ > 43,5**

b) Theo hình III.22 đối với bụi không hút ẩm.

Hiệu suất riêng phần được xác định theo đường kính trung bình của hạt trong phần đó, ví dụ đối với phần có kích thước hạt trong khoảng 0 đến 5 μm ta xác định η_{rp} theo hạt có đường kính d_T = 2,5 μm.

73. Nếu chế độ thủy động khác nhiều so với điều kiện tiêu chuẩn (w = 2 m/s, H = 90 mm), điều đó có thể xảy ra khi thay đổi tải trọng của khí và lỏng hay khi tăng chiều cao của bọt với mục đích làm tăng hiệu suất làm sạch, thì hiệu suất làm sạch thực tế của khí η_{th} xác định theo công thức sau:

$$\eta_{th} = \eta.A, \%; \qquad \text{(III.83)}$$

trong đó η- hiệu suất làm sạch xác định theo điều kiện tiêu chuẩn theo hình III.21 hay hình III.22; A- hệ số điều chỉnh:

$$A = 0{,}717\sqrt{2 - \frac{0{,}2 - H}{w}} \quad ; \qquad \text{(III.84)}$$

Công thức (III.84) ứng dụng trong giới hạn tốc độ w = 1,3 ... 3 m/s và H = 0,04 ... 0,2 m.

74. Để làm sạch hỗn hợp có nồng độ bụi không lớn lắm thường chỉ dùng thiết bị một tầng. Trong trường hợp làm sạch bụi có độ phân tán cao (hay khi nồng độ lớn) người ta mới dùng lớp bọt cao hay là thiết bị nhiều tầng, nhưng hiệu suất tăng rất không đáng kể khi tăng số ngăn.

Bảng III.18. **Hệ số điều chỉnh *B* đối với thiết bị sủi bọt nhiều tầng**

Số thứ tự tầng theo đường đi của khí	Đường kính của hạt, μm							
	0 - 2,5	2,5 - 5	5 - 7,5	7,5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 30	> 30
Tầng thứ hai	0,124	0,46	0,5	0,63	0,65	0,78	0,81	1
Tầng thứ ba	0,108	0,31	0,4	0,55	0,58	0,75	–	
Tầng thứ tư	0,05	0,2	0,38	0,5	–	–	–	

Hiệu suất riêng phần của tầng thứ m có thể xác định theo công thức:

$$\eta_{rpm} = \eta_{rp}.B; \qquad (III.85)$$

trong đó η_{rpm}- hiệu suất riêng phần của tầng thứ m, %; η_{rp}- hiệu suất riêng phần của thiết bị một tầng, % (hình III.21 và hình III.22); B- hệ số điều chỉnh, xác định theo bảng III.18.

75. Sức cản thủy lực của thiết bị sủi bọt

Sức cản thủy lực được xác định theo công thức sau:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_b + \Delta p_{tng},\ N/m^2; \qquad (III.86)$$

trong đó Δp_1- trở lực của lưới:

$$\Delta p_1 = 1,45K_1\frac{\rho_k.w_o^2}{2},\ N/m^2; \qquad (III.87)$$

Δp_b- trở lực của lớp bọt

$$\Delta p_b = 0,85\rho_1.g.H_o + 0,2.10^4\rho,\ N/m^2 \qquad (III.88)$$

Đối với nước và dung dịch có sức căng bề mặt gần nhau thì có thể xác định Δp_b theo công thức sau:

$$\Delta p_b = 0,85\rho_1.g.H_o + 150,\ N/m^2; \qquad (III.89)$$

trong các công thức trên K_1 - hệ số trở lực phụ thuộc vào chiều dày của lưới:

khi $\delta = 3$ mm thì $K_1 = 1,1$

$\delta = 5$ mm $K_1 = 1,0$

$\delta = 7,5$ mm $K_1 = 1,15$

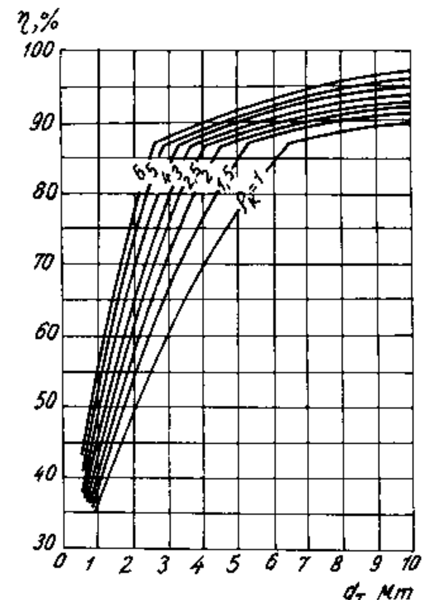
$\delta = 100$ mm $K_1 = 1,31$;

ρ_k- khối lượng riêng của khí, kg/m^3; w_o- tốc độ của khí đi qua lỗ lưới, m/s; ρ_1- khối lượng riêng của lỏng, kg/m^3; g- gia tốc trọng trường, m/s^2; H_o- chiều cao lớp chất lỏng ban đầu ở trên đĩa, m; σ- sức căng bề mặt của chất lỏng, N/m;

Δp_{tng} - trở lực của bộ phận ngăn học:

$$\Delta p_{tng} = n(0,07 + 0,03w_o + 0,13w_o.S_o + 0,6.S_o + 1,3.S_o^2).\frac{\rho_k w_o^2}{2},\ N/m^2. \qquad (III.90)$$

trong đó n - số dãy; w_o- tốc độ khi đi qua mặt cắt tự do của một dãy, m/s; S_o- diện tích mặt cắt tự do của một dãy, m^2.



Hình III.22. **Đồ thị xác định hiệu suất riêng phần của thiết bị sủi bọt đối với bụi không hút ẩm khi $\rho_b d_T^2 < 43,5$**

§15. Thiết bị rửa khí dưới tác dụng của lực ly tâm

76. Thiết bị làm sạch khí theo bề mặt ướt dưới tác dụng của lực ly tâm, gọi tắt là thiết bị rửa khí ly tâm.

Thiết bị gồm có một ống hình trụ, nước rửa được phun từ đỉnh xuống lan ra thành thiết bị tạo ra một lớp màng nước chảy theo thành thiết bị đi xuống. Khi có bụi đi vào thiết bị theo đường tiếp tuyến với thân ở đoạn dưới vừa xoáy vừa đi lên theo đường xoáy ốc. Nhờ tác dụng của lực ly tâm bụi trong khi văng ra thành thiết bị và bị màng nước kéo xuống đáy rồi thải ra ngoài. Khi sạch được đi ra theo đường ống trên đỉnh của thiết

bị. Sơ đồ thiết bị thể hiện ở hình III.23.

Lượng nước tiêu hao và mức độ làm sạch khí cho một đơn vị thể tích khí thay đổi tùy theo đường kính của thiết bị. Khi đường kính thiết bị là 1 m, thì lượng nước tiêu hao là 0,2 kg/m^3 khí và độ làm sạch của khí là 85 đến 87%; giảm đường kính thiết bị có thể làm cho độ sạch đạt đến 98%.

§16. Thiết bị phân riêng bằng phương pháp lọc (lọc tay áo)

77. Bề mặt lọc

$$F = \frac{V}{v.\eta}\ 3600,\ m^2; \qquad (III.91)$$

trong đó V - năng suất lọc, m^3/s; v- cường độ lọc, $m^3/m^2.h$; thường lấy $v = 15 \div 200\ m^3/m^2.h$, tùy thuộc vào khí, vải lọc, pha phân tán, nhiệt độ... và được xác định theo thực nghiệm; η- hiệu suất làm việc của bề mặt lọc thường lấy $\eta = 85\%$.

78. Số ống "tay áo":

$$n = \frac{F}{\pi.D.l}\ ; \qquad (III.92)$$

trong đó D- đường kính ống "tay áo", $D = 0,2 \div 0,4$ m; l - chiều dài làm việc của ống "tay áo", $l = 2 \div 3,5$ m; F- bề mặt lọc, m^2.

79. Trở lực của thiết bị lọc:

$$\Delta p = Av^n,\ N/m^2; \qquad (III.93)$$

trong đó A- hệ số thực nghiệm, đối với từng loại vải, kể đến độ bào mòn, bẩn... $A = 25 ... 0,25$; n- hệ số thực nghiệm, $n = 1,25 ... 1,30$; v- cường độ lọc, $m^3/m^2.h$.

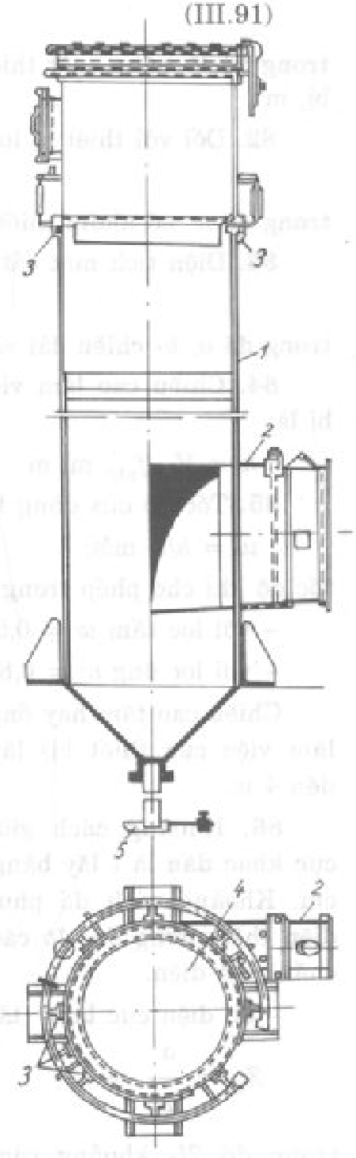
Bảng III.19 cho biết các thông số cần thiết của thiết bị lọc tay áo kiểu MΦY.

Hình III.24 thể hiện thiết bị lọc tay áo có cơ cấu rũ bụi.

Bảng III.19. **Thiết bị lọc tay áo kiểu MΦY**

Số ống tay áo	Bề mặt lọc, m^2	Công suất yêu cầu, kW	Kích thước, mm		
			cao	rộng	dài
24	28,8	0,6	4568	1658	1950
32	38,4	0,72	4568	1658	2470
48	57,6	0,90	4568	1658	3510
72	86,5	1,6	4568	1658	5030

Chú thích: Ống tay áo hình côn đường kính trên là 180 mm, đường kính dưới là 190 mm; bề mặt lọc của một tay áo là 1,2 m^2.



Hình III.23. **Thiết bị rửa khí ly tâm:**
1- vỏ; 2- cửa khí vào; 3- cửa nước vào; 4- cửa khí ra; 5- cửa nước và bụi ra

§17. Làm sạch khí dưới tác dụng của điện trường

80. Sơ đồ nguyên tắc làm sạch khí dưới tác dụng của điện trường thể hiện ở h.III.25. Điện cực quầng sáng (điện cực dây) được nối với các âm của nguồn điện. Điện cực lắng (bao quanh điện cực quầng sáng) được nối với cực dương của nguồn điện. Thời gian lưu lại của hạt bụi trong thiết bị không quá 3 đến 6 s.

Quá trình lắng của hạt bụi tích điện phụ thuộc vào nhiều yếu tố: độ dẫn điện, kích thước hạt, tốc độ khí, nhiệt độ và độ ẩm của khí, trạng thái bề mặt của điện cực lắng.

81. Thể tích làm việc của thiết bị lọc điện xác định theo phương trình.

$$V_1 = V\eta, \ m^3; \qquad \text{(III.94)}$$

trong đó V- năng suất thiết bị, m^3/s; τ - thời gian lắng, s; V_1- thể tích làm việc của thiết bị, m^3.

82. Đối với thiết bị lọc điện kiểu tấm, số nhóm thiết bị làm việc song song là

$$n = V_1/V_{nh}; \qquad \text{(III.95)}$$

trong đó n- số nhóm thiết bị; V_{nh}- thể tích làm việc của một nhóm, m^3.

83. Diện tích mặt cắt ngang của một nhóm là:

$$f_{nh} = a.b, \ m^2; \qquad \text{(III.96)}$$

trong đó a, b- chiều dài và chiều rộng của một nhóm, m.

84. Chiều cao làm việc của thiết bị là:

$$h = V_{nh}/f_{nh}, \ m, \ m \qquad \text{(III.97)}$$

85. Tốc độ của dòng khí:

$$w = h/\tau, \ m/s; \qquad \text{(III.98)}$$

tốc độ khí cho phép trong khoảng:

- với lọc tấm $w = 0{,}5 \div 1{,}0$ m/s;
- với lọc ống $w = 0{,}8 \div 1{,}5$ m/s.

Chiều cao tấm hay ống (chiều cao làm việc của thiết bị) lấy khoảng 3 đến 4 m.

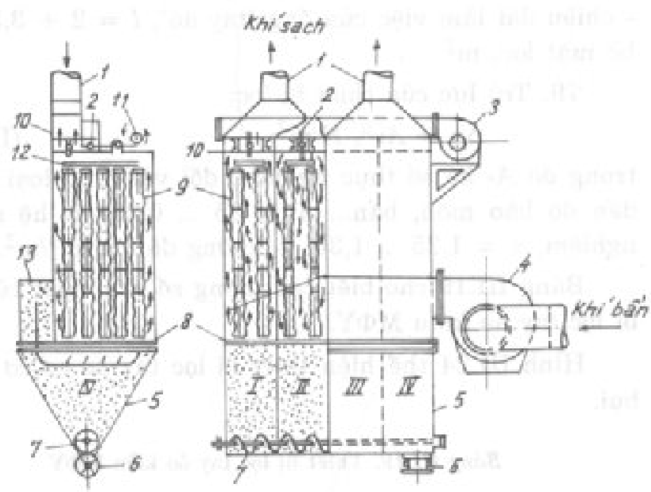
86. Khoảng cách giữa hai điện cực khác dấu là l lấy bằng 10, 15, 20 cm. Khoảng cách đó phụ thuộc vào điện thế, cường độ, độ cách điện của chất cách điện.

– Số điện cực lắng (tấm, lưới) là:

$$Z_{la} = \frac{a}{2l} + 1; \qquad \text{(III.99)}$$

trong đó $2l$- khoảng cách giữa hai điện cực cùng dấu; Z_q- số điện cực quầng sáng (dây) bằng.

$$Z_q = \frac{b}{2l}(Z_{la} - l); \qquad \text{(III.100)}$$



Hình III.24. **Thiết bị lọc tay áo có cơ cấu rũ bụi cơ khí:**
1- cửa khí ra: 2- giá đỡ; 3- quạt hút khí; 4- quạt đẩy khí; 5- phòng chứa bụi 6- cửa tháo bụi; 7- vít tải; 8- giá đỡ; 9- ống "tay áo"; 10- van điều chỉnh khí ra; 11- bộ phận gây chấn động; 12- giá đỡ; 13- cửa khí vào

Trong hai công thức trên ta bỏ qua chiều dày của tấm (lưới) và của dây.

Chiều dài của điện cực quầng sáng (dây):

$$L = hZ_q n, \text{ m} \qquad \text{(III.101)}$$

87. Đối với lọc điện ống

a) Chọn chiều dài ống và đường kính ống rồi xác định thể tích của một ống

$$V_o = h\left(\frac{\pi d^2}{4}\right), m^2. \qquad \text{(III.102)}$$

b) Số ống cần thiết:

$$m = V_1/V_o. \qquad \text{(III.103)}$$

88. Tính điện thế, cường độ dòng điện, công và công suất

a) Điện thế dòng điện:

$$U = E.l, \text{ kV}; \qquad \text{(III.104)}$$

trong đó E- gradien điện thế, kV/cm, chọn như sau:

đối với khí lạnh: $E = 4{,}3 \div 4{,}5$ kV/cm

đối với khí nóng: $E = 3{,}8 \div 4$ kV/cm.

b) Cường độ dòng điện:

$$I = i.L, \text{ A}; \qquad \text{(III.105)}$$

trong đó i- mật độ dòng điện theo chiều dài, A/m; L- chiều dài hoạt động của điện cực quầng sáng, m.

Mật độ dòng điện i phụ thuộc vào khoảng cách l của hai điện cực khác đến. Có thể chọn i theo bảng sau:

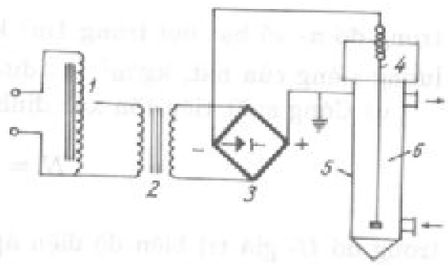
l, cm	≤ 10	≤ 15	≤ 20
mA i, m	0,3 - 0,4	0,5	0,6 - 0,7

c) Công. Về lý thuyết có thể xem năng lượng điện để tách một hạt bụi khỏi dòng khí là công tiêu tốn để chuyển dời hạt bụi đi một khoảng cách l (từ cực quầng sáng đến cực lắng) dưới tác dụng của lực F (năng lượng tiêu tốn để tích điện cho hạt rất bé và có thể bỏ qua).

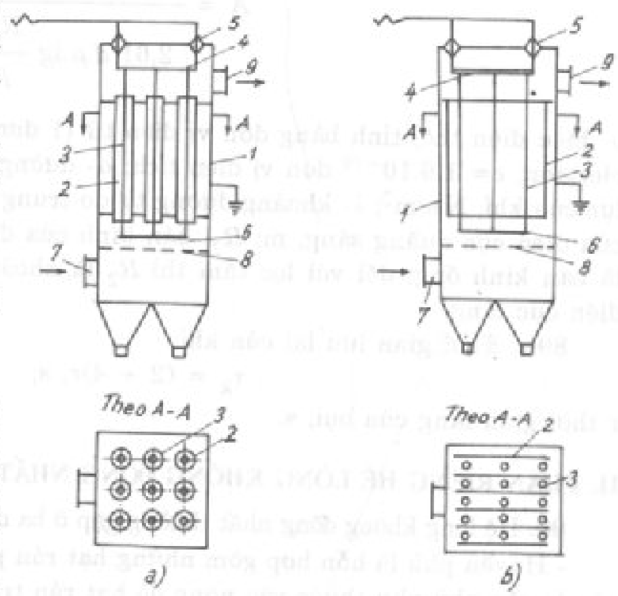
Công đó xác định theo định luật Stôc:

$$A_n = F.l = 6\pi\mu r w_n l. \text{ J}; \qquad \text{(III.106)}$$

trong đó μ- độ nhớt động lực của khí N.s/m^2; r- đường kính hạt, m; w_n- tốc



Hình III.25. **Sơ đồ nguyên tắc làm sạch khí dưới tác dụng của điện trường:**
1- máy điều chỉnh điện thế; 2- biến thế tăng thế; 3- máy chỉnh lưu cao thế; 4- điện cực quầng sáng; 5- điện cực lắng; 6- thiết bị lọc điện



Hình III.26: a) lọc ống; b) lọc tấm; 1- phòng; 2- điện cực lắng; 3- điện cực quầng sáng; 4- khung; 5- cách điện; 6- khung; 7- cửa khí bẩn vào; 8- lưới phân phối; 9- cửa khí sạch ra

độ hạt, m/s; l- khoảng cách, m.

Công để làm sạch bụi trong $1m^3$ khí là:

$$A = A_n n \, . \, J; \tag{III.107}$$

trong đó n- số hạt bụi trong $1m^3$ khi, $n = Z(\frac{4}{3}\pi r^3 \rho)$; - Z hàm lượng bụi, g/m^3; ρ- khối lượng riêng của hạt, kg/m^3; r - đường kính hạt (coi hạt là hình cầu), m.

d) Công suất tiêu tốn xác định theo công thức sau:

$$N = \frac{U.l.k\cos\varphi}{1,41\eta} + N_1 \, . \, kW; \tag{III.108}$$

trong đó U- giá trị biên độ điện áp, kV; l- cường độ dòng điện cần cho quá trình lọc, A; k- hệ số điều chỉnh dòng điện: $K' = 1,2 \ldots 1,5$; η - hệ số có ích của động cơ điện:

$$\eta = 0,8; \cos\varphi = 0,7 \ldots 0,75;$$

N_1- công suất tiêu tốn phụ như để lắc rũ bụi, để vận chuyển..., kW; 1,41- hệ số chuyển từ giá trị biên độ điện áp sang điện áp có hiệu quả.

89a. Thời gian lắng:

$$\tau = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2A} \, , s; \tag{III.109}$$

trong đó:

$$A = \frac{e.v(1 + 0,81\frac{\lambda}{d})}{2,61\, d.\mu.\lg\frac{R_2}{R_1}} \tag{III.110}$$

v- hiệu điện thế, tính bằng đơn vị điện tử (1 đơn vị điện tử = 10^{-8} V); e- điện tích của electron; $e = 1,6.10^{-19}$ đơn vị điện tích; d- đường kính hạt bé nhất, cm; μ- độ nhớt động lực của khí, $N.s/m^2$; λ- khoảng đường tự do trung bình của phân tử khí, cm; R_1- bán kính của điện cực quầng sáng, m; R_2- bán kính của điện cực lắng; đối với loại lọc ống thì R_2 là bán kính ống; đối với lọc tấm thì R_2 là khoảng cách l giữa điện cực quầng sáng và điện cực lắng.

89b. Thời gian lưu lại của khí:

$$\tau_k = (2 \div 4)\tau, \, s; \tag{III.111}$$

τ thời gian lắng của bụi, s.

II. PHÂN RIÊNG HỆ LỎNG KHÔNG ĐỒNG NHẤT

90. Hệ lỏng không đồng nhất thường gặp ở ba dạng sau đây: huyền phù, nhũ tương và bọt.

- Huyền phù là hỗn hợp gồm những hạt rắn phân tán trong môi trường lỏng. Độ nhớt của huyền phù phụ thuộc vào nồng độ hạt rắn trong lỏng. Nồng độ càng tăng thì độ nhớt của huyền phù cũng càng tăng, nhưng nồng độ đạt đến một giới hạn nào đó thì độ nhớt tăng vọt lên và huyền phù mất tính chất linh động và thực tế trở thành thể sền sệt. Theo kích thước hạt rắn trong lỏng mà huyền phù có thể được chia thành:

huyền phù thô có đường kính, hạt $d_h \geq 100\ \mu m$

huyền phù mịn có đường kính hạt $d_h = 100 \ldots 5\ \mu m$

chất lỏng đục có đường kính hạt $d_h = 5 \ldots 0,1\ \mu m$

dung dịch keo có đường kính hạt $d_h \leq 0,1\ \mu m$.

– Nhũ tương là hệ gồm những chất lỏng không tan vào nhau nên dễ bị phân tầng dưới tác dụng của trọng lực, nó chỉ bền khi đường kính hạt rất nhỏ khoảng từ 0,4 đến 0,5 μm. Đặc điểm của nhũ tương là có thể biến đổi pha phân tán thành pha liên tục và ngược lại.

– Bọt là hỗn hợp khí - lỏng. Bọt không bền, muốn bọt bền phải thêm chất ổn định.

A. LẮNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TRƯỜNG TRỌNG LỰC

91. Năng suất lắng. Nếu không kể tổn thất trong quá trình lắng thì năng suất được xác định theo:

$$V_o = V_1 + V_2,\ m^2/h; \qquad (III.112)$$

trong đó V- lượng pha lỏng trong huyền phù trước khi lắng, m^3/h; V_1- lượng nước trong sau khi lắng, m^3/h; V_2- lượng nước còn lại trong bã sau khi lắng, m^3/h.

Nếu sau thời gian τ thu được lượng nước trong có chiều cao h, thì năng suất lắng được xác định bằng lượng nước trong thu được như sau:

$$V_1 = \frac{F.b}{\tau} = 3600\ Fw_o,\ m^3/h; \qquad (III.112a)$$

trong đó F - diện tích bể lắng, m^2; τ- thời gian lắng, h; h- chiều cao lớp nước trong, m; w_o- tốc độ lắng, m/s (xem chương II, mục V)

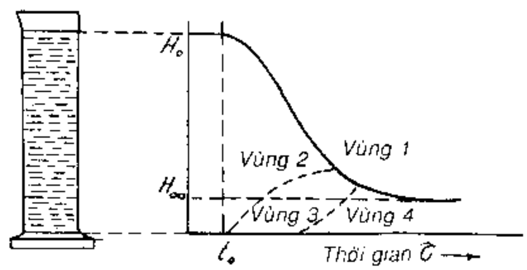
92. Diện tích và chiều cao lắng. Quá trình lắng được biểu thị ở hình III.27.

– Vùng *1* là vùng nước trong, trong vùng này chỉ tồn tại những hạt vô cùng nhỏ không có khả năng lắng.

– Vùng *2* trong vùng này hạt rắn đang chuyển động rơi tự do (hiện tượng lắng tập thể).

– Vùng *3* là vùng lắng ép. Trong vùng này giai đoạn rơi tự do của các hạt chấm dứt. Dưới tác dụng của trọng lực các hạt rắn liên tục kết vào nhau và lắng xuống.

– Vùng *4* là vùng của hạt rắn, chúng không còn khả năng ép vào nhau nữa và chấm dứt giai đoạn lắng;



Hình III.27. **Sơ đồ lắng**

Diện tích lắng cần thiết được xác định theo công thức:

$$F = \frac{V_o - V_2}{3600 w_o} = V_o \frac{(x_2 - x_o)}{3300 w_o x_2},\ m^2; \qquad (III.113)$$

trong đó x_o- nồng độ của huyền phù (trước khi lắng), kg rắn/kg lỏng; x_2- nồng độ của bã (lượng bã sau khi lắng), kg rắn/kg lỏng;

Nếu như kể cả lượng hạt rắn còn lẫn trong pha lỏng (nước trong) thì diện tích lắng sẽ là:

$$F = V_o \left[\frac{x_2 - x_o}{3600\, w_o(x_2 - x_1)}\right],\ m^2. \qquad (III.114)$$

Chiều cao cần thiết của thiết bị lắng bằng:

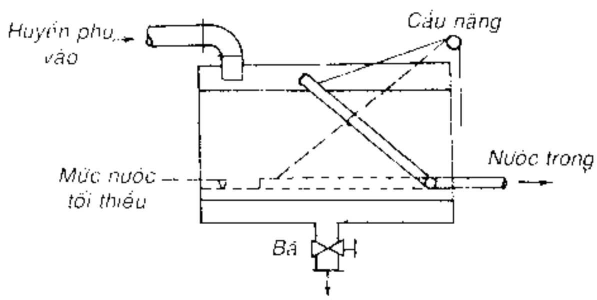
$$h = Q_l/s,\ \text{m};\qquad \text{(III.115)}$$

$$Q_l = \tau/L;\ \text{kg rắn/m}^2$$

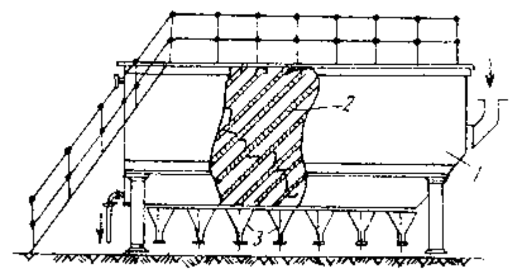
$$L = \frac{1}{3,6}\cdot\frac{H' - H_\infty}{H_o}\cdot\frac{1}{w_o s}\ .\ \text{m}^2/\text{kg.h}:$$

$$s = \frac{\rho_r \tau}{(\pi\rho_r) + 1}\ ;\ \text{kg rắn/m}^3\ \text{lỏng};$$

trong đó τ- thời gian lắng, h; ρ_r - khối lượng riêng của hạt rắn, kg/m^3; n- thành phần trung bình của huyền phù, m^3 lỏng/kg rắn; H'- chiều cao cột chất lỏng, m; H_∞ - hệ dày lớp bã, m; H_o - mức huyền phù trong thùng, m.



Hình III.28. **Bể lắng có ống nâng**



Hình III.29. **Bể lắng tấm nghiêng:**
1- bể lắng; 2- tấm chắn nghiêng

93. Cấu tạo thiết bị lắng

Tùy theo phương thức làm việc, người ta chia thiết bị lắng làm ba loại:

- loại làm việc gián đoạn;
- loại làm việc liên tục;
- loại làm việc bán liên tục.

94. Thiết bị lắng gián đoạn

Khi lắng, huyền phù giữ nguyên trạng thái tĩnh. Sau khi các hạt đã lắng hết, nước trong được tháo ra qua ống xiphông hoặc van đặt cao hơn lớp bã, còn lớp bã được tháo ra qua van ở đáy thiết bị.

Bể lắng có ống nâng tháo nước trong là loại thiết bị làm việc gián đoạn.

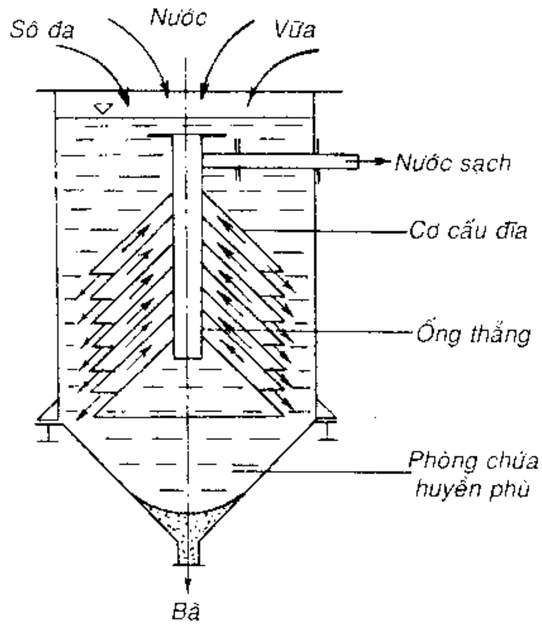
95. Thiết bị lắng bán liên tục

Huyền phù cho vào thiết bị liên tục với tốc độ không lớn lắm, nước trong cũng được tháo ra liên tục, nhưng bã tập trung ở đáy thiết bị và định kỳ được tháo ra ngoài.

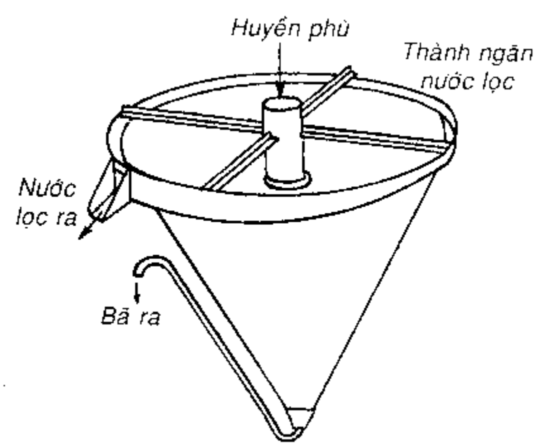
Dưới đây là một vài loại thiết bị lắng bán liên tục:

- Loại tấm nghiêng. Bể chứa hình chữ nhật, bên trong có các tấm chắn nghiêng để dẫn chất lỏng chảy từ dưới lên và sau đó lại từ trên xuống, còn bã lắng xuống đáy hình nón, sau một thời gian nhất định được tháo ra ngoài.

- Thiết bị lắng hình nón gồm có bể hình trụ, bên trong xếp những tấm ngăn hình nón. Mỗi chóp nón như là một thiết bị lắng riêng biệt. Nước trong qua khe chóp vào ống trung tâm rồi ra ngoài liên tục, còn bã lắng lại trên bề mặt chóp rồi trượt xuống đáy.



Hình III.30. **Bể lắng hình nón**



Hình III.31. **Phễu lắng**

Góc nghiêng của chóp phải lớn hơn góc rơi tự do để bã có thể trượt dễ dàng.

96. Thiết bị lắng liên tục

Huyền phù, nước trong và bã được đưa vào và lấy ra liên tục. Tùy theo cách cấu tạo mà thiết bị lắng liên tục có các loại sau:

– Thiết bị lắng hình phễu. Thiết bị là bể lắng hình phễu. Góc nghiêng của đáy 60°. Nước trong tràn qua vòng chắn theo máng ra ngoài, còn bã lắng xuống đáy và theo ống cong ra ngoài. Tác dụng của ống cong giúp cho thiết bị làm việc liên tục, giữ mức huyền phù trong thiết bị luôn ổn định.

– Thiết bị lắng răng cào. Loại thiết bị này được dùng tương đối phổ biến có năng suất cao. Bể lắng hình trụ (đường kính có thể tới D = 2 ... 120 m) làm bằng gỗ, sắt hoặc bêtông. Có loại đáy bằng, loại đáy lòng chảo, bên trong đặt bộ phận răng cào ở giữa hoặc bên cạnh có tác dụng đưa bã vào tâm thiết bị, quay với tốc độ chậm từ 0,5 ... 0,025 vg/ph, tùy theo kích thước bể lắng. Loại thiết bị này thường được dùng trong công nghiệp luyện kim, khai thác than, công nghiệp hóa chất v.v.

Đặc trưng của thiết bị lắng răng cào cho ở bảng III.20 và bảng III.21.

Bảng III.20

Bã	Diện tích lắng, m^2/tấn.ngày	Lượng nước trong bã, %	
		trước khi lắng	sau khi lắng
PbS (kích thước hạt < 230 μm)	0,6 – 1,7	77	20 – 70
$CaCO_3$ (kích thước hạt < 50 μm)	4 – 7	95	50 – 70
Đất sét (kích thước hạt < 40 μm)	4 – 21	97	12 – 60

Bảng III.21

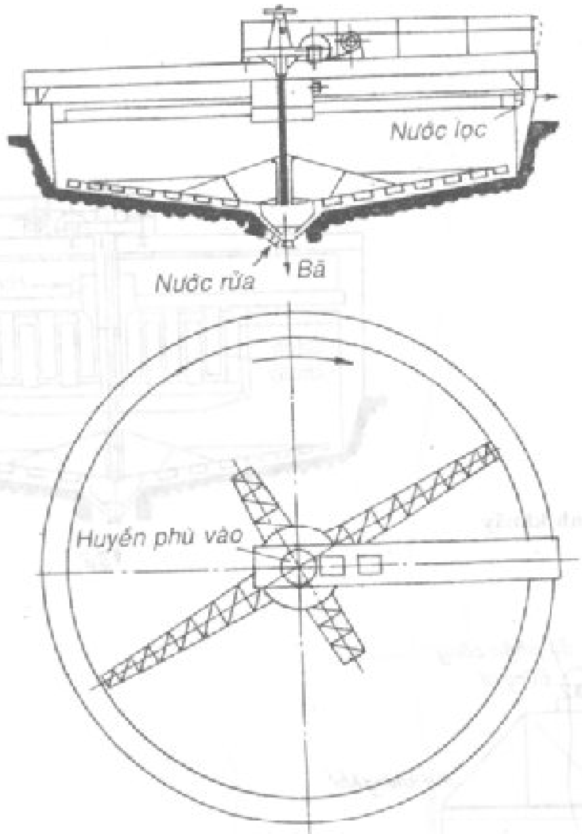
	Đường kính, m	Công suất N, kW (N có ích ≈ 0,5 N làm việc)
Bể lắng một bậc (răng cào ở trung tâm)	2 – 60	0,4 – 4
Bể lắng một bậc (răng cào có trục ở cạnh)	2 – 115	0,4 – 6

Ngoài ra người ta còn cấu tạo bể lắng có răng cào nhiều bậc. Mỗi bậc có tác dụng như là một bể lắng một bậc. Khoảng cách giữa các bậc là 2 m và có hệ thống rửa bã.

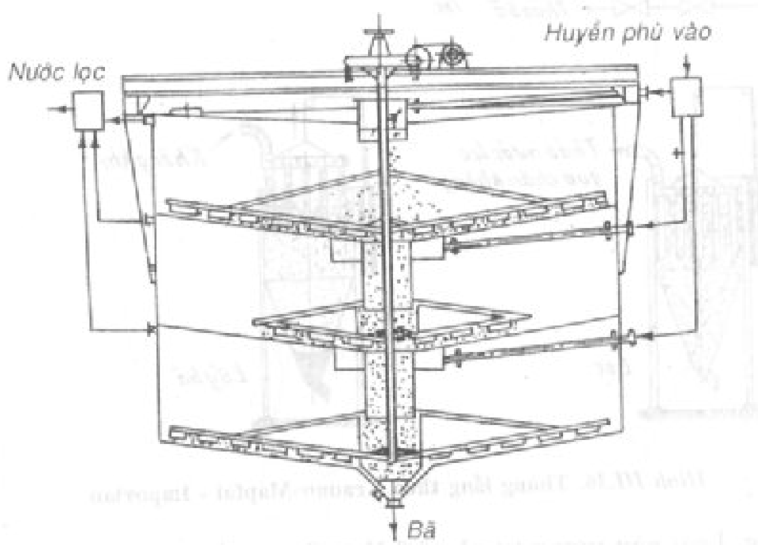
97. Một vài loại thiết bị lắng đặc biệt. Đối với một số loại huyền phù có kích thước pha rắn rất bé, hoặc hạt rắn lơ lửng, quá trình lắng không thể tiến hành được, thì người ta dùng loại thiết bị lắng đặc biệt.

– Bể lắng có cánh khuấy. Cánh khuấy có tác dụng làm liên kết các hạt rắn nhỏ lơ lửng trong huyền phù vì vậy có khả năng lắng. Thanh chắn ngăn cách phạm vi khuấy trộn và lắng. Tốc độ quay của cánh khuấy và cánh cào khác nhau. Thời gian để kết khối khoảng 30 đến 40 ph. Huyền phù sau khi đã kết khối được đưa vào buồng lắng với tốc độ khoảng 1 đến 2 m/h.

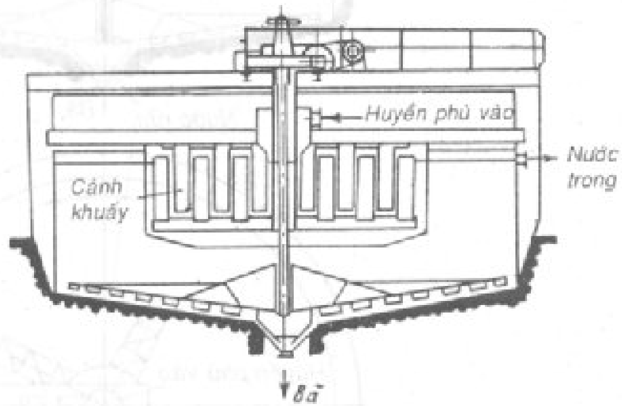
– Bể lắng Supơ. Bể lắng này có thêm lớp cát sỏi ở đây, để tách nốt phần lỏng trong bã, nguyên tắc làm việc giống thiết bị lọc.



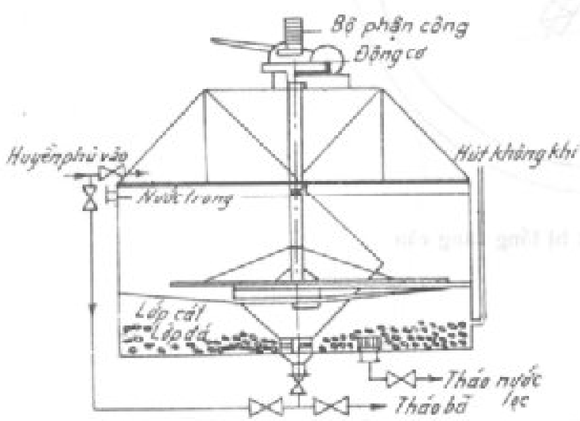
Hình III.32. **Thiết bị lắng răng cào**



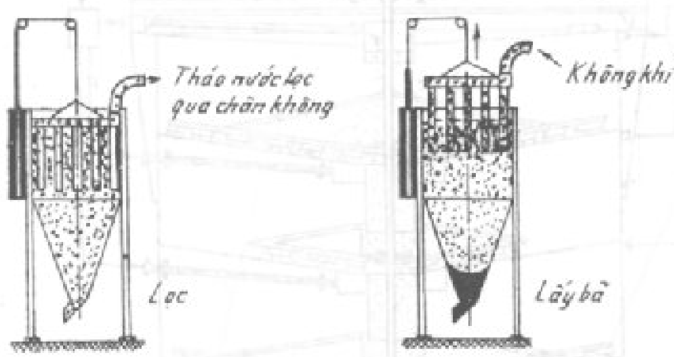
Hình III.33. **Bể lắng răng cào nhiều tầng**



Hình III.34. **Bể lắng có cánh khuấy**



Hình III.35. **Bể lắng Supơ**



Hình III.36. **Thùng lắng theo Kraonơ-Mapfai - Impơrian**

- Thùng lắng. Loại này tương tự như bể lắng Supơ, nhưng nước trong được hút qua lớp ngăn của ống bọc vải.

Trong thực tế người ta đã làm được những bể lắng rất lớn và giảm thời gian lắng rất nhiều (bảng III.22).

Bảng III.22. **Đặc trưng thiết bị lắng**

Kích thước thiết bị, mm		Bề mặt lắng, m^2	Thời gian lắng
Đường kính	Chiều cao		
1800	1800	2,54	1 ph 35 s
3600	1800	10,2	2 ph 35 s
6000	3000	28,2	3 ph 20 s
9000	3600	63,9	6 ph 40 s
12000	3500	113	5 ph 16 s
12000	3600	113	5 ph 19 s
15000	3600	176,5	5 ph 19 s
15000	3600	176,6	8 ph 30 s
			12 ph 42 s
			17 ph 24 s
15000	3200	176,6	5 ph 12 s
18000	3200	254	8 ph 00 s
			8 ph 30 s
			9 ph 30 s
			14 ph 30 s
24000	3600	452	12 ph 36 s
30000	3600	706,5	12 ph 36 s
12000	4500	113	5 ph 18 s
15000	4500	176,6	6 ph 15 s

B. LỌC

§I. Các khái niệm cơ bản

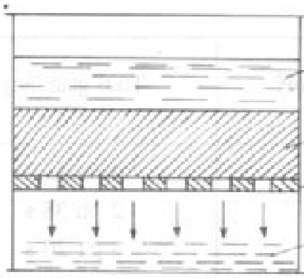
98. Lọc là quá trình phân riêng huyền phù ra thành nước trong và bã bằng cách cho dung dịch huyền phù đi qua lớp vách ngăn xốp.

Lọc được ứng dụng đối với các dung dịch huyền phù khó lắng hoặc khi cần thiết phải thu hồi lượng chất lỏng chứa trong huyền phù, hoặc lấy lại toàn bộ bã. Lọc được dùng nhiều trong công nghiệp hóa chất cũng như một số ngành công nghiệp khác (ví dụ, trong công nghiệp chất màu, giấy, sợi v.v.). So với lắng thì lọc có ưu điểm là quá trình xảy ra nhanh và triệt để hơn, hàm ẩm trong bã thấp.

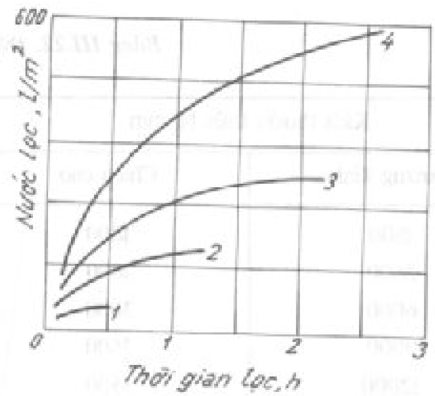
99. Động lực quá trình lọc là hiệu số áp suất giữa hai phía vách ngăn. Động lực có thể được tạo nên hoặc do áp suất cột chất lỏng, hoặc do nén, hoặc do hút chân không.

100. Vách ngăn: có vách ngăn chính và vách ngăn phụ.

Vách ngăn chính là phương tiện giữ bã trong huyền phù lại và cho nước trong đi qua, vách ngăn phải thích hợp với những tính chất riêng của lỏng, rắn và điều kiện làm việc của thiết bị (áp suất, nhiệt độ, thời gian lọc v.v.).



Hình III.37. Sơ đồ quá trình lọc

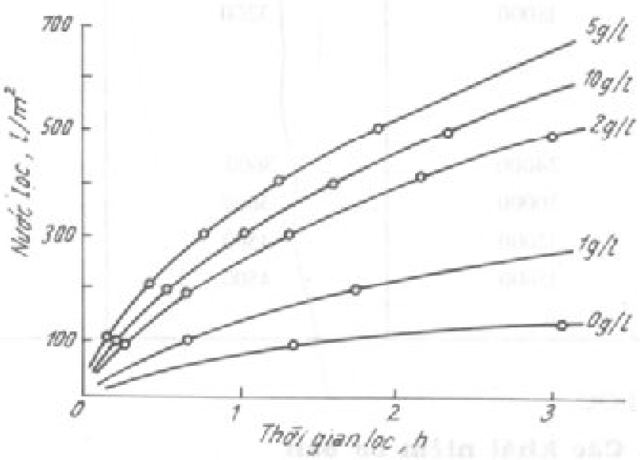


Hình III.38. Ảnh hưởng của vách ngăn phụ:
1- không dùng vật ngăn phụ; 2- sợi (hạt nhỏ tinh); 3- sợi Supo theo qui chuẩn (hạt trung bình); 4- sợi hiflo (hạt lớn)

Những vật thường được dùng để làm vách ngăn, có:

- lưới lỗ tròn, vuông hoặc lỗ dài;
- sợi kim loại, sợi vát;
- các vật xốp (như bông, cao su, giấy, len v.v.);
- vật đệm rắn (cốc, sỏi dăm, cát, than hoạt tính, mùn cưa v.v.);
- vật xốp có lỗ mao quản (cao su, vật liệu tổng hợp, bông thủy tinh, sứ xốp, thủy tinh xốp v.v.).

Vách ngăn phụ là những vật nhỏ, sợi bé không biến dạng dùng để phủ lên vách ngăn chính hoặc trộn lẫn với vách ngăn chính để làm tăng hiệu quả quá trình lọc. Vật liệu dùng làm vách ngăn phụ là sợi vải, đá dăm than hoạt tính, trấu v.v.



Hình III.39. Lọc dầu ở $t = 4 - 5\ ^oC$, $p = 10mH_2O$ với lượng chất trợ lực khác nhau

Qua thực nghiệm người ta thấy rằng lượng vách ngăn phụ có ảnh hưởng đến quá trình lọc (hình III.38, III.39).

§2. Công thức tính toán quá trình lọc

101. Tốc độ lọc được biểu thị qua phương trình vi phân sau:

$$C = \frac{dV}{Fd\tau}\ ,\ m^3/m^2s \qquad (III.116)$$

Theo Carơmian thì công thức tính tốc độ lọc (khi kể cả trở lực vách ngăn và lớp bã) có dạng:

$$C = \frac{dV}{F.d\tau} = \frac{\Delta p}{\mu\left(\frac{\alpha.w.V.s}{F} + \beta\right)}, \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}; \quad \text{(III.117)}$$

trong đó C- tốc độ lọc, m^3/m^2s; F- bề mặt lọc, m^2; V- thể tích nước lọc, m^3; τ- thời gian lọc, s; α- trở lực lớp bã, m/kg; β- trở lực vách ngăn, 1/m; s- lượng pha rắn trong huyền phù, kg rắn/m^3 huyền phù; Δp- hiệu số áp suất hai bên vách lọc, at.

103. Đối với quá trình lọc mà bã không bị nén ép, nước trong qua vách ngăn có chuyển động dòng thì lượng nước trong được xác định theo công thức của Hagen-Poilơ:

$$V = F.n\,.\frac{d_o^2.\pi}{4}\cdot\frac{d_o^2.\Delta p.\tau}{32.\mu.h} = F.\varepsilon.\frac{d_o^2.\Delta p.\tau}{32.\mu.h}, \text{ m}^3; \quad \text{(III.118)}$$

trong đó $n = \varepsilon\ \varphi/\pi.d_o^2$- số ống mao quản trên một đơn vị diện tích bề mặt lọc; ε- tỉ số thể tích (*thể tích ống mao quản/thể tích toàn bộ vách ngăn*); d_o- đường kính ống mao quản, m; μ- độ nhớt của nước trong, $N.s/m^2$; h- chiều dài ống mao quản, m.

103. Đối với quá trình lọc với Δp = const:

$$V = \frac{-\mu.\beta.F + \sqrt{\mu^2.\beta^2F^2 + 2\mu F^2\alpha.s.\Delta p.\tau}}{\mu.\alpha.s}, m^3. \quad \text{(III.119)}$$

Lượng bã thu được:

$$S_b = s.V, \text{ kg}.$$

Thời gian lọc:

$$\tau = \frac{\mu(\alpha.s.V^2 + 2F.V.\beta)}{2F^2.\Delta p}, \text{ s}. \quad \text{(III.120)}$$

104. Trường hợp tốc độ lọc không đổi thì người ta dùng Δp_{max} để tính :

$$V = \left[\frac{F.\Delta p_{max}}{\mu.Q} - \beta\right]\frac{F}{\alpha.s}, \text{ m}^3; \quad \text{(III.121)}$$

$Q = C.F$ - lưu lượng nước lọc, m^3/s.

105. Thời gian lọc:

$$\tau = \frac{V}{Q} = \left(\frac{F.\Delta p_{max}}{\mu.Q}\right)\frac{F}{Q.\alpha.s}, \text{ s}. \quad \text{(III.122)}$$

106. Nếu kể đến lượng nước lọc còn lại trong bã thì người ta thay đại lượng $s = s/(1-ss_o)$; s_o - là lượng nước trong còn trong bã (m^3 nước trong/m^3 bã). Khi đó với trường hợp Δp = const, có:

$$V = \frac{F(1-ss_o)[-\mu\beta + \sqrt{\mu^2.\beta^2 + 2\mu.\alpha.\tau.\Delta p.s/(1-ss_o)}]}{\mu.\alpha.s}, \text{ m}^3. \quad \text{(III.123)}$$

Lượng nước trong còn lại trong bã:

$$V_{tb} = V/(1 - ss_o), \text{ m}^3 \quad \text{(III.124)}$$

Lượng bã:

$$S_b = V_{tb}.s = \frac{V.s}{1 - ss_o}, \text{ kg}. \quad \text{(III.125)}$$

Trong trường hợp lớp bã dày và trở lực vách ngăn không đáng kể thì:

$$V = F \cdot \sqrt{2.\tau.\Delta p_b \frac{(1 - ss_o)}{\mu.\alpha.s}}, \text{ m}^3 \qquad \text{(III.126)}$$

Đặt $V_F = V/F$ thì phương trình lọc chung có dạng:

$$V_F^2 + 2V_F C_v = k\tau; \qquad \text{(III.127)}$$

trong đó C_v - đặc trưng sức cản thủy lực của vách ngăn, m^3/m^2; k- hằng số, biểu thị tính chất của bã, m^2/s.

$$C = \frac{\beta(1 - ss_o)}{\alpha s}.$$

$$k = \frac{2\Delta p(1 - ss_o)}{\mu\alpha s}.$$

107. Trong trường hợp dùng khái niệm thể tích tương đương V_{td} thì:

$$V_2 + 2V.V_{td} = k.\tau; \qquad \text{(III.128)}$$

như vậy $V_{td} = (h_{td}.F)/s$ tương ứng với C_v; h_{td} là chiều dày tương đương của lớp bã có trở lực bằng trở lực vách ngăn. V_{td} và k là hằng số và có thể tính được qua thực nghiệm.

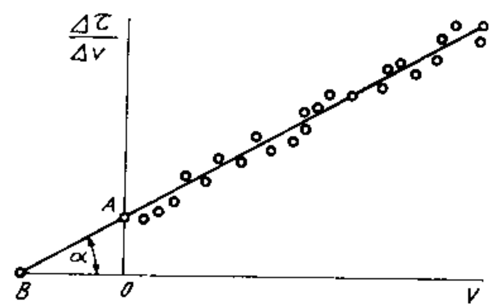
Nếu đặt $\tau_{td} = V_{td}/k$ thì:

$$(V + V_{td})^2 = k(\tau + \tau_{td}). \qquad \text{(III.129)}$$

Phương trình (III.129) có ý nghĩa là coi lớp vách ngăn như lớp bã có chiều dày h_{td} và muốn đạt được chiều dày h_{td} cần một thời gian là $\tau_{td}.V_{td}$, k và τ_{td} được xác định theo các số liệu thực nghiệm với phương pháp tích phân

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta V} = \frac{2}{k}V + \frac{2}{k}V_{td}. \qquad \text{(III.129a)}$$

Dựa vào kết quả thực nghiệm ta xây dựng đồ thị hình III.40 theo phương trình (III.129a) và suy ra các hằng số lọc.



Hình III.40. **Đồ thị xác định V_{td}, k và τ_{td}**

Phương trình (III. 128) chỉ dùng cho trường hợp Δp = const. Đối với trường hợp $\Delta p \neq$ const mà C = const cũng có thể ứng dụng được, song k là biến số và đạt được giá trị cực đại ở Δp_{max}. Mặt khác V_{td} và τ_{td} cũng thay đổi. Do đó trong thực tế rất khó xác định.

§3. Phương pháp và trình tự tính toán

108. Trong tính toán ta cần biết máy làm việc gián đoạn hay liên tục. Đối với máy lọc làm việc gián đoạn trước hết tính thành phần thể tích của bã (theo cân bằng vật liệu của quá trình, theo nồng độ huyền phù đã biết), rồi theo kinh nghiệm sản xuất hoặc số liệu thực nghiệm để chọn trở lực riêng.

Quá trình lọc với Δp = const thì thứ tự tính toán theo các bước sau:

a) cho trước chiều dày lớp bã;

b) xác định thời gian lọc;

c) xác định thể tích nước lọc;

d) xác định tốc độ lọc ở giai đoạn cuối cùng và tốc độ rửa;

e) xác định lượng nước rửa và thời gian rửa;

f) chọn thời gian chuẩn bị lọc và thời gian cạo bã, sau đó tính thời gian cho một chu trình lọc

$$\sum\tau = \tau_b + \tau_l + \tau_r + \tau_c$$

trong đó τ_b- thời gian chuẩn bị; τ_l- thời gian lọc; τ- thời gian rửa bã; τ_c- thời gian cạo bã;

g) tính số chu kỳ lọc trong một giờ hoặc một ngày;

h) tính năng suất lọc cho một giờ hay một ngày của một đơn vị bề mặt lọc.

Sau đó căn cứ vào năng suất đã cho để tính bề mặt lọc, rồi căn cứ vào sổ tay về máy lọc để chọn số lượng và kích thước máy lọc.

Đối với quá trình lọc có tốc độ lọc C = const thì ta phải sơ bộ chọn trước loại và kích thước máy lọc cũng như bơm rồi sau đó tiến hành:

a) xác định tốc độ lọc;

b) xác định thời gian lọc;

c) kiểm tra lại chiều dày cho phép;

d) xác định thời gian rửa, thời gian của một chu trình lọc và số chu trình trong một ngày;

e) tính năng suất lọc đối với một chu trình theo năng suất bơm;

f) tính năng suất cho một ngày.

Đối với loại máy lọc làm việc liên tục tùy theo từng loại mà có các bước tính cụ thể khác nhau.

§4. Cấu tạo thiết bị lọc

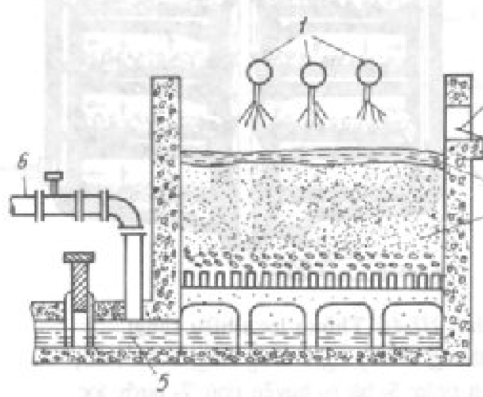
a) Thiết bị lọc làm việc gián đoạn

109. Bể lọc có vách ngăn là cát, đá dăm, sỏi. Đây là loại thiết bị lọc đơn giản nhất và được dùng nhiều trong các trạm lọc nước. Cát dùng làm vách ngăn với kích thước ϕ 0,5 ... 1,5 mm (lớn nhất là 50 mm). Lớp cát thường được đổ dày 2 m và bể làm việc với áp suất thủy tĩnh của cột nước cao 1 đến 1,5m. Thường tốc độ lọc khoảng 0,1 m/h. Hình III.41 biểu thị nguyên tắc làm việc của bể lọc hở.

Bể lọc kín thường làm việc ở áp suất dư. Tốc độ lọc lớn hơn 10 đến 12,2 m/h (h.III.42).

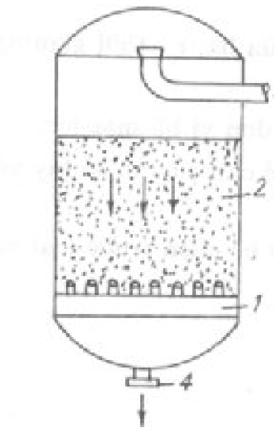
110. Thiết bị lọc hình thùng

Thùng lọc gồm một bể hình trụ đáy tròn chia làm hai phần giới hạn bởi vách ngăn (một tấm lưới hoặc một lớp vải lọc).

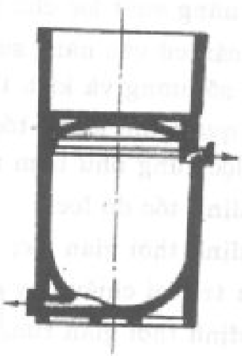


Hình III.41. Bể lọc hở có vách ngăn là cát: 1- vòi phun; 2- cửa nước rửa vào; 3- bã; 4- vách ngăn (cát); 5- nước lọc; 6- ống dẫn

Bã được giữ lại ở phần trên vách ngăn, nước lọc chảy qua vách ngăn xuống đáy. Năng suất phụ thuộc vào bề mặt vách ngăn, bề dày lớp bã và độ chân không (hình III.43). Loại thiết bị này được dùng nhiều ở phòng thí nghiệm và trong công nghiệp. Thùng lọc có thể làm việc với áp suất thủy tĩnh của cột chất lỏng trên vách ngăn hoặc áp suất chân không (600 đến 700 tor *) dưới vách ngăn đối với thiết bị hở và áp suất dư đối với thùng kín.

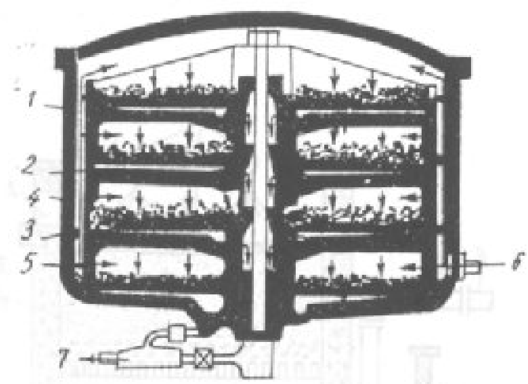


Hình III.42. **Bể lọc kín:**
1- đáy; 2- vách ngăn; 3- huyền phù vào; 4- cửa tháo nước lọc

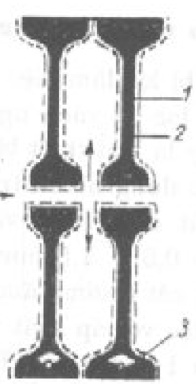


Hình III.43. **Thùng lọc chân không**

Diện tích lọc thường khoảng 1 đến 6 m^2, lớp bã dày 50 đến 400 mm. Để tăng năng suất lọc người ta thường dùng thùng lọc nhiều tầng (hình III. 44).



Hình III.44. **Thùng lọc nhiều tầng:**
1- vỏ thùng; 2- đáy ngăn từng tầng; 3- lưới đỡ; 4- vách ngăn; 5- bã; 6- huyền phù; 7- nước lọc



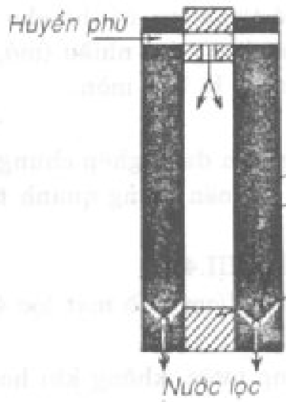
Hình III.45. **Máy lọc bản:**
1- bản; 2- vải lọc; 3- rãnh tháo nước lọc

111. Máy lọc bản gồm nhiều bản ghép vào nhau. Loại này có từ lâu nhưng hiện nay vẫn còn được dùng rộng rãi trong công nghiệp hóa chất. Nó làm việc với áp suất dư, dùng để lọc huyền phù có nồng độ pha rắn bé. Chiều dày lớp bã khoảng 25 đến 30 mm (hình III.45).

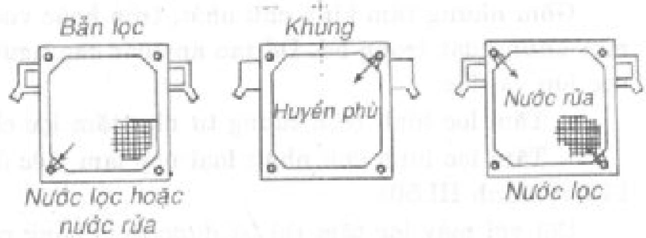
*) 1 tor = 1/760 at.

112. Máy lọc khung bản

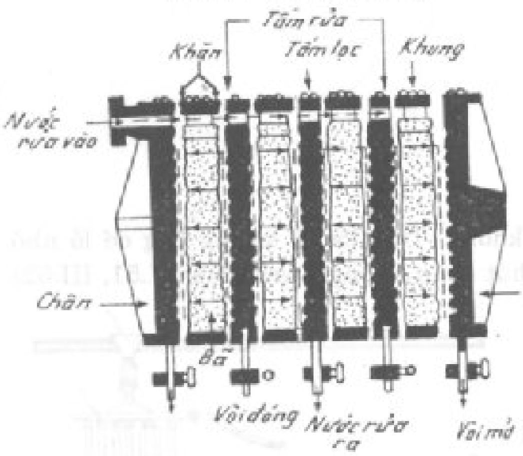
Gồm một dãy khung và bản ghép lại với nhau. Giữa khung và bản có lớp vải lọc. Bã dày 150 mm (hình III.46).



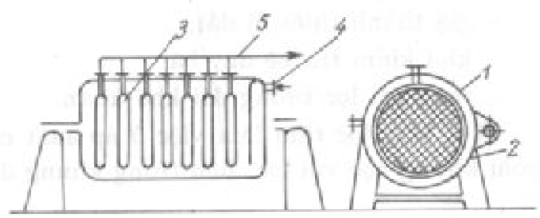
Hình III.46. **Một mẫu của máy lọc khung bản:**
1- bản; 2- vải lọc; 3- khung



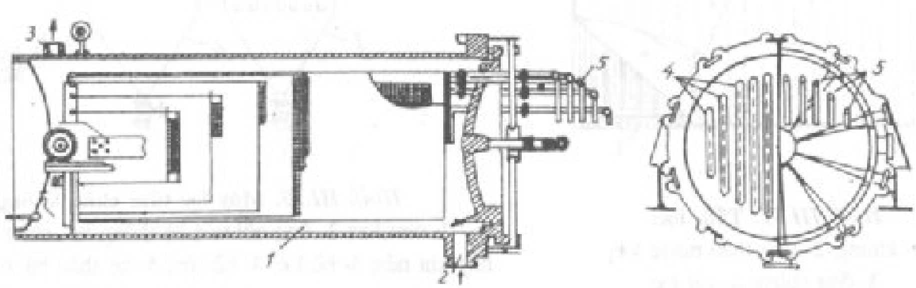
Hình III.47. **Khung và bản**



Hình III.48. **Quá trình rửa bã**



Hình III.49. **Máy lọc tấm tròn:**
1- nửa thân trên; 2- nửa thân dưới; 3- tấm lọc;
4- ống dẫn huyền phù; 5- ống tập trung nước lọc



Hình III-50. **Máy lọc tấm hình chữ nhật:**
1- bể chứa; 2- ống dẫn huyền phù; 3- ống xả không khí; 4- tấm lọc; 5- ống dẫn nước lọc

Máy lọc bản và máy lọc khung bản cho phép rửa bã sau khi lọc. Để tăng hiệu suất lọc người ta dùng hai loại bản gọi là bản lọc và bản rửa (hình III.47). Hình III.48 biểu thị quá trình rửa bã. Loại thiết bị này làm việc ở áp suất dư $p = 4 \div 5$ at (cực đại $p_{max} = 15$ at), kích thước mỗi bản thường là 1200 x 1200 mm (diện tích lọc 1,8 m^2), mỗi dãy có thể ghép 60 bản. So với máy lọc bản thì máy lọc khung bản có ưu điểm: vải lọc ít bị căng nên lâu hỏng, thay vải lọc dễ dàng. Có thể kiểm tra quá trình lọc, có thể cho ngừng một vài bản mà không ảnh hưởng quá trình lọc. Song thao tác bằng tay nhiều (mở, đóng, tháo bã, thay vải lọc) rửa bã chưa được hoàn hảo, vải lọc chóng bị bào mòn.

113. Máy lọc tấm làm việc ở áp suất dư.

Gồm những tấm hình chữ nhật, tròn hoặc vuông. Những tấm được ghép chung trong một khung đặt trong bể. Để tạo áp suất cao người ta dùng khí nén, xung quanh tấm có bọc lớp vải lọc.

- Tấm lọc hình tròn tương tự như tấm lọc chữ nhật (hình III.49).
- Tấm lọc hình chữ nhật: loại này làm việc ở áp suất 350 N/cm^2, bề mặt lọc 40 đến 112m^2 (hình III.50).

Đối với máy lọc tấm thì bã được tháo bằng cách cho dòng nước, không khí hoặc hơi thổi ngược với quá trình lọc.

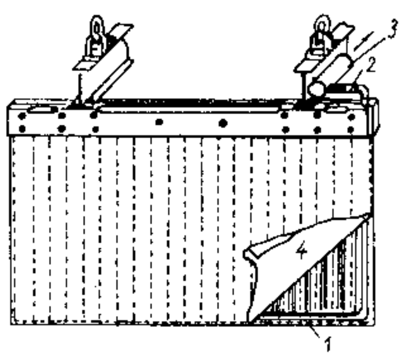
Loại lọc tấm có ưu điểm:

- tốn tương đối ít nước rửa;
- vải lọc ít bị bào mòn;
- năng suất tương đối cao;

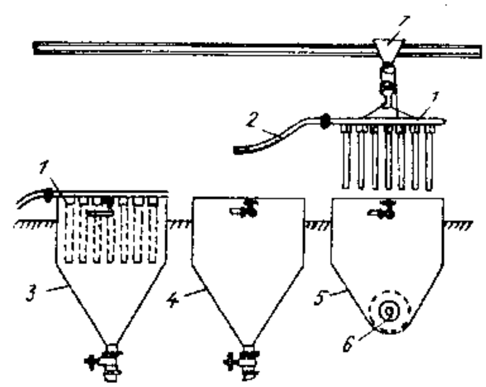
và nhược điểm của nó là:

- giá thành thiết bị đắt;
- khó kiểm tra bề dày bã;
- thay vải lọc tương đối khó khăn.

114. Máy lọc tấm làm việc ở áp suất chân không. Tấm lọc là khung ống có lỗ nhỏ, ngoài khung bọc vải lọc. Bên trong khung được hút chân không (xem hình III.51, III.52).



Hình III.51. **Tấm lọc:**
1- khung; 2- ống tháo nước lọc;
3- ống chính; 4- vải lọc



Hình III.52. **Máy lọc tấm chân không:**
1- tấm lọc; 2- ống nối với hệ thống hút chân không hay khí nén; 3- bể lọc; 4- bể rửa; 5- bể tháo bã; 6- cửa tháo bã; 7- con lăn

115. Máy lọc ống

Gồm những ống bằng thạch anh, thủy tinh xốp, sành, sứ xốp xếp đứng cố định trong

bể. Bên trong ống có lồng ống kim loại. Đáy ống kín, đầu ống có gờ và lỗ để nước lọc chảy (hình III.53).

Loại này làm việc ở áp suất 8 at. Diện tích lọc 0,01 đến 52 m^2. Ống có độ xốp 40%, chiều dài ống lọc 2 m; số ống từ 1 đến 69 ống. Bề dày lớp bã cho một ống 40 đến 60 mm, đối với nhiều ống 15 đến 20 mm.

Ưu điểm của máy lọc ống:

- gọn gàng, làm việc chắc chắn;
- rửa và sấy bã đơn giản;
- nước lọc trong (hiệu suất lọc cao);
- có thể lọc được các huyền phù ăn mòn hóa học;
- quá trình lọc có thể tự động hóa được.

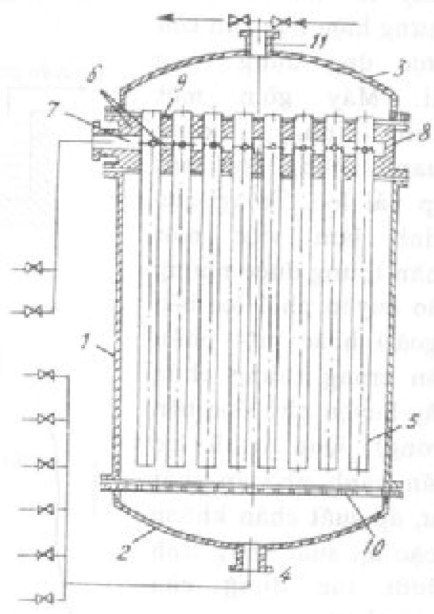
Nhược điểm của máy lọc ống:

- lỗ mao quản của ống dễ bị các hạt bịt kín;
- không quan sát được quá trình lọc.

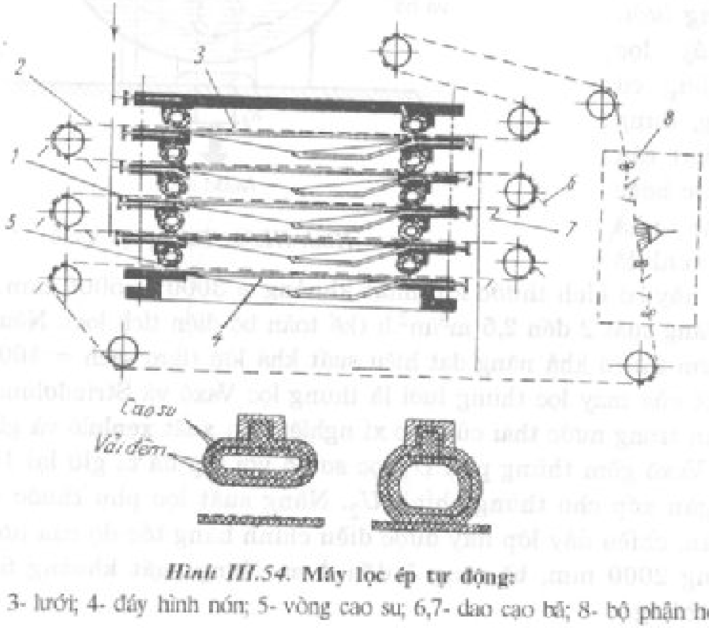
116. Máy lọc ép tự động

Dùng để lọc huyền phù có nồng độ pha rắn từ 10 đến 400g/l; nhiệt độ 5 đến 60°C, có năng suất lớn gấp 6 đến 20 lần so với các loại khác. Diện tích lọc khoảng 5 đến 30m^2, lớp bã có chiều dày 5 đến 20 mm. Áp suất, trong quá trình lọc và rửa bã là 6 at. Các giai đoạn đều được tự động hóa (hình III.54).

b) Thiết bị lọc làm việc liên tục



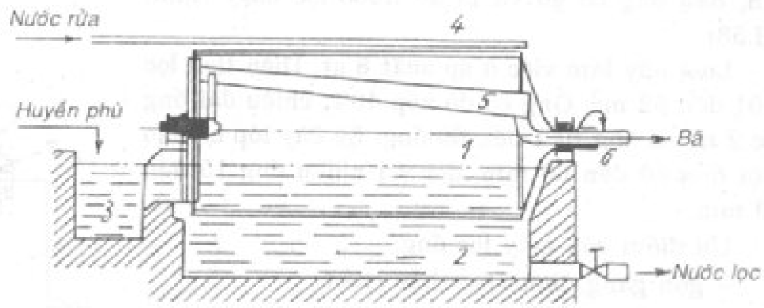
Hình III.53. **Máy lọc ống:**
1- thân; 2- đáy; 3- nắp; 4- cửa dung dịch vào; 5- ống lọc; 6- lỗ; 7- rãnh nước lọc ra; 8- mạng ống; 9- rãnh để huyền phù thừa ra; 10- lưới phân phối; 11- cửa để huyền phù thừa ra



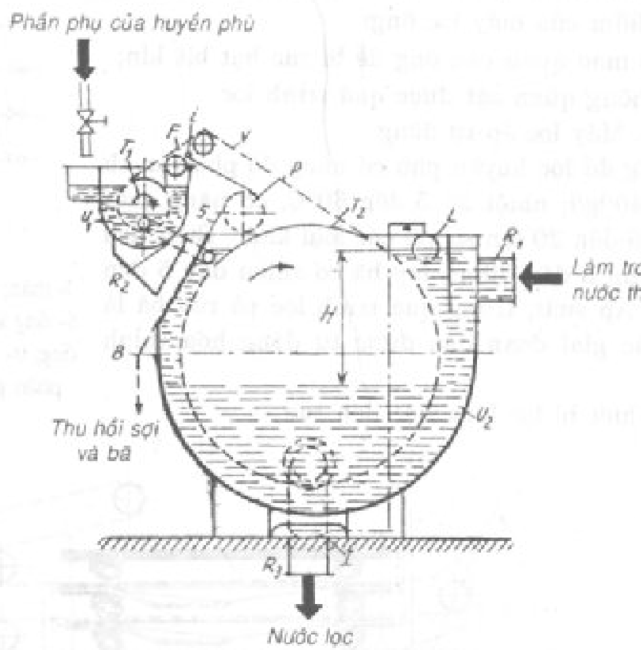
Hình III.54. **Máy lọc ép tự động:**
1- tấm lọc; 2- vải lọc; 3- lưới; 4- đáy hình nón; 5- vòng cao su; 6,7- dao cạo bã; 8- bộ phận hoàn nguyên vải lọc

117. Máy lọc thùng quay. Máy lọc thùng quay ra đời rất sớm, nhưng hiện nay vẫn còn được ứng dụng rộng rãi. Máy gồm một thùng quay, xung quanh thùng bọc một lớp vải lọc. Trong quá trình làm việc một phần thùng được nhúng vào huyền phù (lọc bên ngoài) hoặc một phần bên trong thùng chứa đầy huyền phù (lọc bên trong). Quá trình lọc tiến hành nhờ áp suất dư, áp suất chân không hoặc áp suất thủy tĩnh (dưới tác dụng của trọng lực).

Quá trình lọc, quá trình rửa, sấy và tháo bã xảy ra liên tục. Máy lọc thùng quay có nhiều dạng kết cấu khác nhau, dưới đây là một vài loại thường gặp.



Hình III.55. **Máy lọc thùng lưới:**
1- thùng lưới; 2- bể nước lọc; 3- bể chứa huyền phù; 4- ống phun; 5- thanh cạo bã; 6- cửa tháo bã

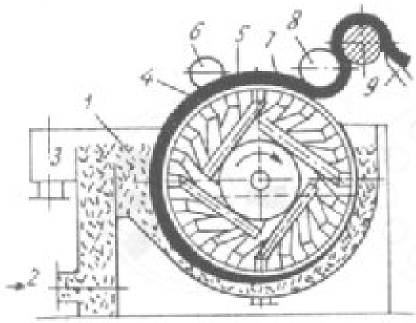


Hình III.55. **Thùng lọc Vaxô**

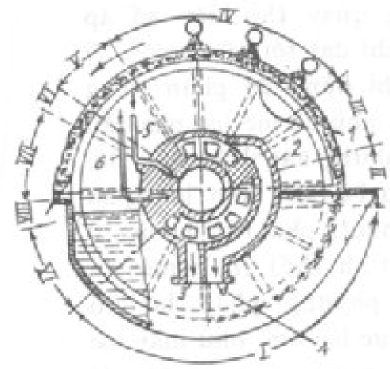
Máy lọc thùng lưới. Đó là loại máy lọc thùng quay không có bơm chân không, dùng để tách những hạt rắn lơ lửng trong nước hoặc dùng trong các nhà máy sản xuất xenlulô và giấy. Thiết bị này có kích thước lớn nhất khoảng ϕ 3000 ÷ 5000 mm. Vải lọc có mạng lỗ 3000 lỗ/cm^2. Năng suất 2 đến 2,5 m^3/m^2.h (kể toàn bộ diện tích lọc). Nếu vải lọc có lỗ mao quản 60 đến 35 μm thì có khả năng đạt hiệu suất khá lớn (làm sạch ≈ 100%) (hình III.55).

Dạng đặc biệt của máy lọc thùng lưới là thùng lọc Vaxô và Strinđơlunđơ. Loại này dùng để thu hồi sợi, cặn trong nước thải của các xí nghiệp sản xuất xenlulô và giấy (hình III.56).

- Thùng lọc Vaxô gồm thùng phụ U_1 lọc sơ bộ với lớp bã bị giữ lại 15 đến 30g/m^2 tác dụng như lớp ngăn xốp cho thùng chính U_2. Năng suất lọc phụ thuộc vào loại và chiều dày lớp vách ngăn, chiều dày lớp này được điều chỉnh bằng tốc độ của lưới 3 đến 15 m/ph, đường kính thùng 2000 mm, bề rộng 1 đến 4 m. Năng suất khoảng 500 ÷ 5000 lít/ph mét chiều rộng thùng.



Hình III.57. **Thùng lọc Strinđơlunđơ:**
1- bể; 2- ống dẫn huyền phù; 3- chảy tràn; 4- vải lọc; 5- ống hút; 6- trục ép; 7- bã; 8- trục tháo bã; 9- dao cạo bã



Hình III.58. **Máy lọc chân không thùng quay**

– Thùng lọc Strinđơlunđơ - tương tự như thùng Vaxô. Nó được chia thành từng ngăn, các ngăn liên hệ với nhau bằng ống trung tâm đặt nghiêng (hình III.57)

Máy lọc chân không thùng quay. Cấu tạo gồm một thùng rỗng nhúng vào bể chứa huyền phù có đặt cánh khuấy để giữ cho huyền phù không bị lắng, trên bề mặt thùng có đục lỗ nhỏ và bên ngoài phủ một lớp vải lọc (hình III.58). Thùng chia làm bốn khu vực:

– khu vực lọc (I, II);
– khu vực rửa và sấy (IV, V);
– khu vực tách bã (VII);
– khu vực làm sạch vải lọc (VIII).

Các khu vực III, VI, và IX là những khu vực chết, có tác dụng làm ranh giới của bốn khu vực trên:

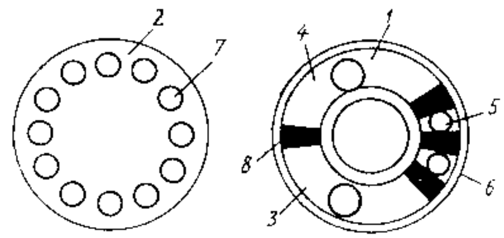
Một bộ phận quan trọng của máy lọc thùng quay là đầu phân phối. Nhờ bộ phận này mà quá trình lọc được tiến hành liên tục (hình III.59).

Trong quá trình lọc, thùng có thể quay với tốc độ 0,1 ÷ 2 (3) vg/ph. Phạm vi lọc chiếm 1/3 thùng. Đầu phân phối phân bố cho khu vực lọc 108°, cho khu vực rửa và sấy 180°. Thời gian lọc có thể tiến hành từ 3 phút đến 9 giây, thời gian sấy và rửa từ 5 ph đến 15 s. Quá trình làm việc nhanh hay chậm phụ thuộc vào độ chân không (với thiết bị này thường làm việc ở độ chân không từ 150 đến 600 tor). Bề mặt lọc 70 m^2, năng suất lọc (huyền phù dễ lọc) từ 6 đến 10 tấn huyền phù/m^2.h.

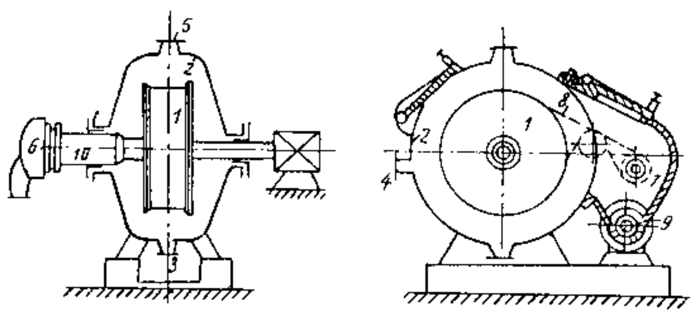
Ưu điểm của máy lọc thùng quay:
– có thể dùng cho bất cứ loại huyền phù nào;
– thao tác dễ dàng;
– có thể gia công thiết bị từ các vật liệu bền về ăn mòn hóa học.

Nhược điểm của mý lọc thùng quay:
– bề mặt lọc nhỏ;
– rửa và sấy bã không hoàn toàn;
– bề mặt lọc cách xa đầu phân phối nên thùng còn giữ lại một lượng nhỏ nước lọc và nước rửa.

Máy lọc thùng quay áp suất. Ở máy lọc chân không thùng quay thì hiệu số áp suất chỉ đạt tới 10 N/cm^2. Vì vậy chỉ dùng để phân riêng huyền phù dễ lọc (có pha rắn gồm những hạt tinh thể). Đối với huyền phù khó lọc (pha lỏng nhớt, pha rắn không ở dạng tinh thể) thì người ta dùng phương pháp lọc có động lực lọc lớn, như máy lọc thùng quay có áp suất với hiệu số áp suất 20 đến 50 N/cm^2 (hình III.60).



***Hình III.59.* Đầu phân phối:**
1- đĩa cố định; 2- đĩa quay; 3- ngăn chân không (lọc); 4- ngăn chân không (rửa và sấy); 5,6- ngăn không khí nén; 7- ống nối; 8- vách ngăn cách.



***Hình III.60.* Máy lọc thùng quay áp suất:**
1- thùng quay; 2- vỏ; 3- cửa huyền phù vào; 4- cửa chảy tràn; 5- không khí nén vào; 6- đầu phân phối; 7- trục tháo bã; 8- băng vải; 9- ốc xoắn chuyền bã; 10- trục rỗng

118. Máy lọc đĩa quay

Giống như máy lọc chân không thùng quay, nhưng bề mặt lọc là những đĩa rỗng gắn trên một trục rỗng quay (hình III.61). Đĩa gồm những phần hình quạt ghép lại với nhau mỗi phần là một ngăn rỗng trên mặt đục lỗ nhỏ hoặc nhiều ống có lỗ ghép lại với nhau (hình III.61a).

Máy lọc đĩa quay có ưu điểm:

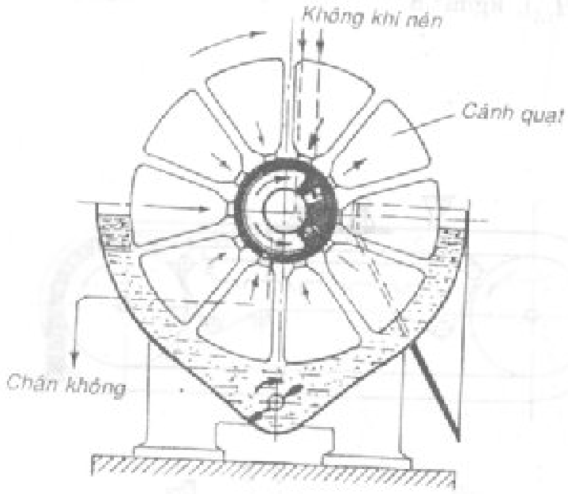
- bề mặt lọc trên một đơn vị diện tích đặt máy lớn;
- công suất tiêu tốn ít;
- thay vải lọc đơn giản, tốn ít vải lọc (chỉ cần dùng 1/8 - 1/12 diện tích đĩa).

Nhược điểm của máy lọc đĩa quay:

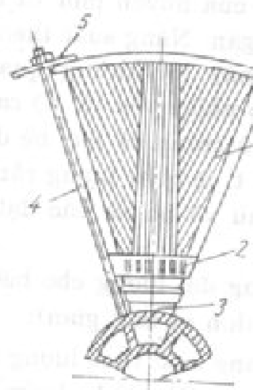
- rửa bã không tốt;
- dễ lẫn lộn giữa nước rửa và dung dịch huyền phù, vì vậy loại máy này thường không rửa bã.

119. Máy lọc băng chuyền

Băng vải lọc cùng chuyển động với máng cao su. Giữa máng cao su và bể có hai dây curoa để chống tác dụng ma sát. Trong bể chia ra các ngăn rửa và ngăn lọc bằng những thanh (hình III.62).



Hình III.61. Máy lọc đĩa quay:
1- lọc và sấy bã (hút chân không); 2- thổi tơi bã (khí nén); 3- rửa sạch vải lọc (nước hoặc không khí nén)



Hình III.61a. Phần hình quạt của đĩa:
1- phần hình quạt; 2- khe; 3- ống tháo; 4- chốt ghép; 5- đệm ghép

Ưu điểm của máy lọc bằng chuyền:
- cấu tạo đơn giản, không có đầu phân phối;
- nước lọc và rửa không bị trộn lẫn;
- bã được rửa sạch và khô;
- có thể lọc dung dịch huyền phù khó lọc;
- hướng chuyển động của nước lọc và lắng trùng nhau nên làm tăng quá trình lọc.

Nhược điểm của máy lọc băng chuyền:
- bề mặt lọc nhỏ và không được tận dụng triệt để;
- máy chiếm diện tích tương đối lớn;
- băng dễ bị bào mòn;
- không dùng được cho các dung dịch huyền phù ăn mòn cao su.

§5. Năng suất của máy lọc thùng quay

120. Do ảnh hưởng của hàm lượng pha rắn trong huyền phù, khả năng cho nước lọc đi qua của vách ngăn và bã nén khi tính toán người ta thường chú ý đến những điều kiện sau:

1- lớp bã cố định, gồm những phần tử hạt rắn không bị biến dạng;

2- áp suất lọc không đổi;

3- sự xuất hiện của quá trình hấp thụ hoặc điện hóa không cản trở quá trình lọc. Với Δp = const

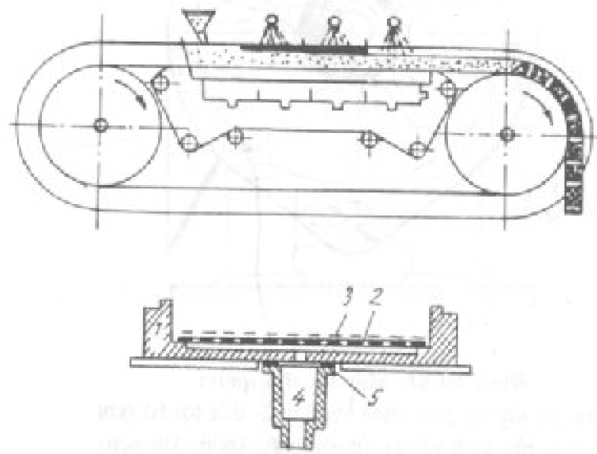
$$V/(F.\tau) = q = k/H; \quad \text{(III.130)}$$

trong đó V- lượng nước lọc, kg; F- diện tích lọc, m^2; τ- thời gian lọc, h; q_F- lưu lượng nước lọc trên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian, kg/m^{2}h; k- hằng số học; H- bề dày lớp bã, m.

Nếu coi vách ngăn như là lớp bã có chiều dày tương đương H_{td}

$$q_F = k/(H + H_{td}),\ \text{kg/m}^2\text{.h} \quad \text{(III.130a)}$$

Hằng số lọc k phụ thuộc vào tính chất của huyền phù và trở lực của lớp ngăn. Năng suất theo lượng bã của máy lọc thùng quay phụ thuộc vào nhiều yếu tố: độ cao mức huyền phù trong bể lọc; bề dày lớp bã, hệ số tỉ lệ giữa lượng rắn trong huyền phù và bã và các đại lượng khác.



Hình III.62. máy lọc băng chuyền:
1- máng cao su; 2- băng cao su; 3- vải lọc, 4- bể hút chân không; 5- dây curoa

Những đại lượng cho biết (tính cho một đơn vị thời gian):

S- năng suất theo lượng bã trên một đơn vị diện tích, kg/m^2.h; V_h- lưu lượng huyền phù tính trên một đơn vị diện tích, kg/m^2.h; $S_b = \frac{100S}{v}$ lượng bã, kg/m^2.h; a- hàm lượng pha lỏng trong huyền phù, % khối lượng; b- hàm lượng pha rắn trong huyền phù, % khối lượng; u- hàm lượng pha lỏng trong bã, % khối lượng; v- hàm lượng pha rắn trong bã, % khối lượng; $a/b = l$- tỉ lệ lỏng và rắn trong huyền phù; $u/v = r$- tỉ lệ lỏng và rắn trong bã.

Phương trình cân bằng vật liệu đối với pha lỏng:

$$\frac{V_h.a}{100} - \frac{k}{H + H_{td}} = \frac{S_b.u}{100} \quad \text{(III.131)}$$

Năng suất theo lượng bã:

$$S = \frac{V_h b}{100} = \frac{S_b.v}{100} \quad \text{(III.132)}$$

Tổng hợp lại ta có phương trình bậc hai:

$$S^2(l - r) + S.S_{td}(l - r) - K = 0,$$

với $K = k/k'$ - khả năng cho nước lọc qua của bã; $k' = H/S$- hệ số tỉ lệ; S_{td}- lượng pha rắn tương ứng với lớp bã tương đương H_{td}.

Nghiệm của phương trình:

$$S_{1,2} = \frac{S_{td}(r - l) \pm \sqrt{S_{td}^2(l - r)^2 + H(l - r)K}}{2(l - r)} \qquad \text{(III.133)}$$

Vì $r < l$ nên $S_{td}(r - l) < 0$, vậy ta chỉ có một nghiệm duy nhất ứng với giá trị dương của căn. Qua nghiệm (III.133) ta thấy rằng lượng bã phụ thuộc vào l, r và S_{td}. Hệ số K được xác định bằng thực nghiệm. Với độ chân không không đổi (Δp = const) thì q_F và H được xác định như sau:

$$q_F = \frac{k}{H + H_{td}} = \frac{k}{k'(S + S_{td})} = \frac{K}{S + S_{td}} \qquad \text{(III.134)}$$

H được xác định theo công thức:

$$S = H\rho_b n \frac{\nu}{100} \quad \text{kg/m}^3; \qquad \text{với} \quad k' = \frac{H}{S\rho_b} = \frac{100}{\upsilon n}; \qquad \text{(III.135)}$$

trong đó ρ_b- khối lượng riêng của bã, kg/m^3; n- số vòng quay của thùng, 1/h; thực tế q_F được xác định:

$$q_F = q_{Ftb} - q_{Fk}$$

với q_{Fk}- lưu lượng nước lọc trong khu vực sấy; q_{Ftb}- lưu lượng nước lọc, thường được xác định theo thực nghiệm, hoặc bằng:

$$q_{Ftb} = H.\rho_b.u.n - H'.\rho_b.u'.n;$$

trong đó H' - bề dày lớp bã sau khi sấy khô (trước khi cạo), m; ρ'_b- khối lượng riêng của bã sau khi sấy, kg/m^3; u' - hàm lượng nước trong bã sau khi sấy, % khối lượng. Nếu lấy r = 30/70 (tức bã có hàm ẩm 30%) thì theo công thức (III.133) những giá trị đo được biểu thị trên đồ thị hình III.63 với S_{td} và K khác nhau.

Qua đồ thị ta thấy tỉ lệ $S_I : S_{II}$ không phụ thuộc vào hàm lượng pha rắn, do tính đồng dạng về hình học của đường I và II (khi $S_{td} = 0$). Nhưng nếu trở lực vách ngăn lớn thì tính đồng dạng trên không còn nữa (đường S_{III} và S_{IV}) do đó tỉ lệ giữa S_{III} và S_{IV}, giảm theo chiều tăng của hàm lượng pha rắn (hình III.64).

Đối với vách ngăn thì tỉ số giữa năng suất của thùng quay và khả năng cho nước lọc đi qua được biểu thị ở hình III.65, trong đó:

$$I - K = 0{,}25;\ S_{td1} : S_{td2} = 0 : 4$$

$$II - K = 2;\ S_{td1} : S_{td2} = 0 : 4$$

Tổng quát ta thấy rằng, năng suất tính theo lượng bã sẽ giảm rất nhiều nếu khả năng cho nước lọc đi qua của bã bé, trở lực vách ngăn lớn và hàm lượng pha rắn trong huyền phù bé. Vì vậy muốn tăng tốc độ lọc (giảm trở lực vách ngăn) thì vải lọc phải được rửa sạch hoàn toàn trước khi vào khu vực lọc.

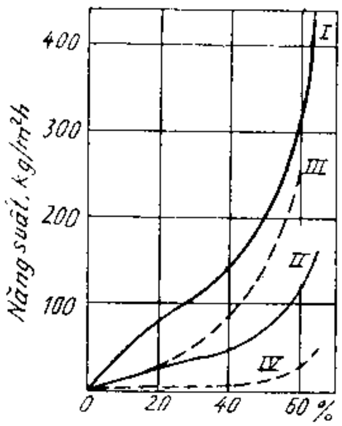
121. Phương trình lưu lượng của máy lọc thùng quay

$$V = n.F_o\left\{\frac{-\mu.\beta + \sqrt{\mu^2\beta^2 + 2\mu.\alpha\,[s/(1 - ss_o)]\,\Delta p\tau}}{\mu.\alpha.[s/(1 - ss_o)]}\right\}, \ \text{m}^3\text{/h}; \qquad \text{(III.136)}$$

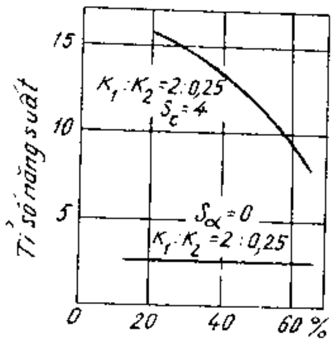
trong đó $\tau = \sigma/n$ - thời gian lọc; n- số vòng quay, vg/ph; F_o- diện tích phần thùng nhúng trong bể lọc, m^2; σ- phần chu vi thùng ngập trong huyền phù.

Năng suất tính theo lượng bã:

$$S = nF_o\left\{\frac{-\mu.\beta + \sqrt{\mu^2\beta^2 + 2\mu.\alpha\,[s/(1 - ss_o)]\,\Delta p.(\sigma/n)}}{\mu.\alpha}\right\}, \ \text{kg/h} \qquad \text{(III.137)}$$



Hình III.63. Sự phụ thuộc của năng suất tính theo lượng bã (pha rắn) vào hàm lượng pha rắn trong huyền phù khi trở lực vách ngăn lớn và bé cũng như hệ số k lớn và bé: I-$S_{td} = 0$, $k = 2$; II-$S_{td} = 0$, $k = 0{,}25$; III-$S_{td} = H$, $k = 2$; IV-$S_{td} = H$, $k = 0{,}25$



Hình III.64. Tỉ số giữa năng suất của thùng quay và khả năng cho nước lọc đi qua của bã phụ thuộc vào hàm lượng pha rắn trong huyền phù

§6. Quá trình rửa bã

122. Mục đích rửa là để tách nối phần nước lọc cũng như những chất hòa tan khác còn lại trong bã. Tốc độ rửa được biểu thị:

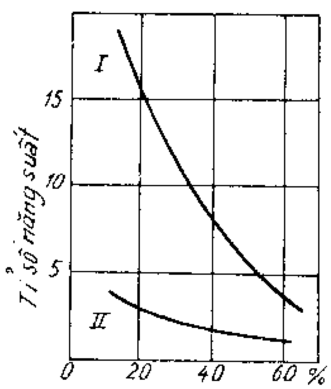
$$\frac{dV_r}{d\tau_r} = \frac{\Delta p.F}{\mu_r(R_b + \beta)}\ ;\ \text{với}\ R_b = \frac{\alpha.s.V}{(1 - ss_o)F}\ ; \qquad \text{(III.138)}$$

trong đó R_b- trở lực lớp bã; V_r- thể tích nước rửa; μ_r- độ nhớt của nước rửa; τ_r- thời gian rửa.

Nếu quá trình rửa được tiến hành ở áp suất bằng áp suất của quá trình lọc, và nước rửa có độ nhớt bằng độ nhớt nước lọc, ta có

$$q_{fe} = q_r;\ \text{với}\ q = \frac{1}{F}\cdot\frac{dV}{d\tau},\ m^3/m^2h.$$

Chỉ số "fe" biểu thị tốc độ lọc ở giai đoạn cuối (tức là ở thời điểm có lớp bã dày nhất). Quá trình rửa không tạo bã, nên tốc độ rửa khác với tốc độ lọc là không phụ thuộc vào thời gian. Quan hệ $q_{fe} = q_r$ có ý nghĩa cho tất cả các loại máy lọc có quá trình chuyển động của nước lọc và nước rửa như nhau. Đối với máy lọc khung bản, do nước rửa phải đi qua số lớp bã gấp đôi, tức là 1/2 diện tích lọc được tận dụng, nên $q_r = (1/4)q_{fe}$. Đối với loại máy lọc ép (lọc dưới áp suất dư) thì lượng nước rửa được tính theo công thức (III.119). Quan hệ quá trình lọc và



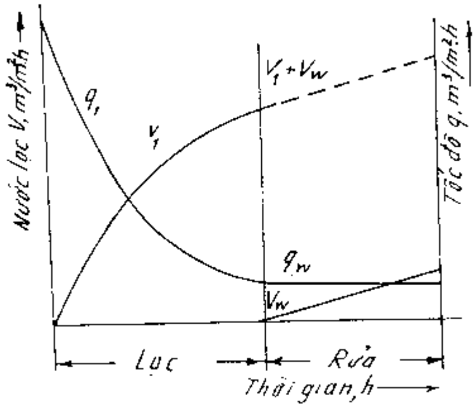
Hình III.65. Tỉ số giữa năng suất của máy lọc thùng quay với khả năng cho nước lọc đi qua của vách ngăn phụ thuộc vào hàm lượng bã trong huyền phù

rửa được biểu thị ở hình III.66.

Đối với máy lọc chân không, người ta không thể tiến hành tính toán như trên được, vì ở đây quá trình rửa được tiến hành bằng cách tưới nước rửa lên lớp bã. Thường ở đây cường độ rửa được xác định theo phương pháp thực nghiệm. Muốn đạt được tốc độ rửa lớn nhất thì một trong những yếu tố cần phải tìm là thời gian rửa bé nhất

$$\tau_r = \frac{V_r}{(dV/d\tau)_r} \; ,$$

ở đây V_r- thể tích nước rửa.



Hình III.66. **Đường biểu diễn lưu lượng và tốc độ của nước rửa và nước lọc trong quá trình lọc và rửa**

Nồng độ nước rửa ở thời điểm τ_r được xác định:

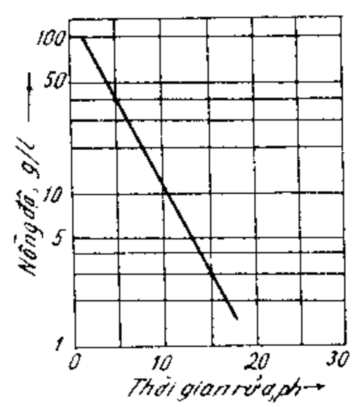
$$C = C_1 . e^{-(K_r . q_r . \tau_r)/H} \qquad \text{(III.139)}$$

trong đó C_1- nồng độ nước rửa tại thời điểm $\tau_r = 0$; e- cơ số lôgarit tự nhiên ($e = 2{,}718$); K_r- hệ số rửa (biểu thị tính chất lý hóa của bã) thường được xác định bằng thực nghiệm, m^3/m^3; q_r- cường độ rửa, $m^3/m^2.s$; τ_r- thời gian rửa, s; H- bề dày lớp bã, m.

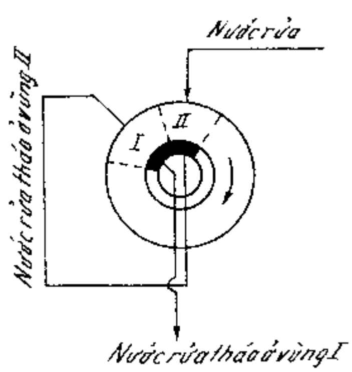
Biểu thị dưới dạng lôgarit phương trình (III.139) ta có:

$$\frac{\tau_{r2} - \tau_{r1}}{\lg C_1 - \lg C_2} = \frac{2{,}3.H}{K_r q_r} \; ; \qquad \text{(III.140)}$$

trong đó τ_{r1} và τ_{r2} - thời gian bắt đầu và kết thúc quá trình rửa; C_1 và C_2- nồng độ nước rửa tương ứng với τ_{r1} và τ_{r2}



Hình III.67. **Nồng độ nước rửa phụ thuộc thời gian rửa**



Hình III.68. **Nguyên lý rửa ngược chiều để tiết kiệm nước rửa**

Bảng III.23. **Ứng dụng của thiết bị lọc liên tục**

Dạng quá trình	Pha rắn		Xử lý bã	Các kiểu thiết bị lọc			
				Hướng lọc xuống dưới			
	Nồng độ, %	Độ lớn, mm		Lọc đĩa chân không	Lọc băng tải chân không	Lọc thùng quay chân không với tiếp liệu ở trên	Lọc - làm đặc, loại đĩa nằm ngang
Làm kiệt nước	lớn hơn 50	10-1	O, P	+	Δ	–	–
		1-0,1	O P	+ +	+ +	– –	– –
		0,1-0,01	O P	– –	+ +	– –	– –
Tách	lớn hơn 50	bé hơn 0,01	O P	– –	+ +	– –	– –
	50 – 15	10-1	O, P	+	Δ	–	–
		1-0,1	O P	+ +	+ +	+ –	- -
		0,1-0,01	O P	Δ Δ	+ +	– +	– –
Tách hay làm đậm đặc	14 – 4	1-0,1	O P	+ +	+ +	– –	+ -
	14 – 4	0,1-0,01	O P	– –	+ +	– –	+ -
		bé hơn 0,01	O P	– –	+ +	– –	+ -
	3 – 0,25	0,1-0,01	O P	– –	- -	– –	+ -
		bé hơn 0,01	O P	– –	- -	– –	+ -
Lắng	0,2 – 0,05	0,1-0,01	O	–	–	–	–
		bé hơn 0,01	O	–	–	–	–
	bé hơn 0,05	bé hơn 0,01	O	–	–	–	–
Tách huyền phù dạng sợi	1 3,0,1	1-0,1	O, P	–	–	–	–
Lắng huyền phù dạng sợi	bé hơn 0,1	bé hơn 0,01	O	–	–	–	–

Chú thích: O- bã chỉ được lọc kiệt; P- bã được lọc kiệt và rửa; + dùng được; Δ- có thể dùng được những hiệu quả ít; - không dùng được.

chính trong công nghiệp

Hướng lọc lên trên						Hướng lọc ngang		
Lọc thùng quay chân không	Lọc thùng quay áp suất	Lọc thùng quay chấn động	Lọc thùng quay chân không có lớp trợl lọc	Lọc thùng quay áp suất có lớp trợ lọc	Lọc thùng quay chấn động có lớp trợ lọc	Lọc chân không loại đĩa	Lọc đĩa ở áp suất dư	Lọc - làm đặc, loại đĩa thẳng đứng
–	–	–	–	–	–	–	–	–
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
+ +	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
+ +	+ +	– –	– –	– –	– –	+	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–
+ +	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
+ +	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	+ –	+ –
+ +	– –	– –	– –	– –	– –	– –	+ –	+ –
+ +	– –	– –	Δ Δ	– –	– +	+ –	+ –	+ –
– –	– –	– –	+ +	– –	– –	– –	+ –	+ –
– –	– –	– –	+ +	+ +	– +	– –	+ –	+ –
–	–	–	+	–	–	+	–	–
–	–	–	+	–	–	+	–	–
–	–	–	+	+	+	+	–	–
+	–	+	–	+	+	–	–	–
–	–	+	–	–	+	–	–	–

Bảng III.24. **Ứng dụng của thiết bị lọc gián đoạn**

Dạng quá trình	Pha rắn		Xử lý bã	Các kiểu thiết bị lọc chính trong công nghiệp								
				Hướng lọc xuống dưới				Hướng lọc ngang				
	Nồng độ, %	Độ lớn, mm		Lọc ép tự động	Lọc chân không nằm ngang (thùng)	Lọc nằm ngang ở áp suất dư	Lọc đĩa	Lọc ép khung bản	Lọc tấm thẳng đứng	Lọc tấm nằm ngang	Lọc ống ở áp suất dư	Bể lọc hình trụ ở áp suất dư
Tách	50–15	0,1–0,01	O, P	Δ	+	–	–	–	–	–	–	–
		< 0,01	O P	+ +	+ +	+ +	– –	+ +	+ –	+ –	– –	– –
Tách hay làm đặc	14–4	1–0,1	O, P	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		0,1–0,01	O P	+ +	+ +	– –	– –	+ +	+ –	+ –	– –	– –
		< 0,01	P	+	+	–	–	+	+	–	–	–
Tách hay làm đặc	3–0,25	1–0,1	O, P	+	+	–	–	–	–	–	–	–
		0,1–0,01	O P	+ +	+ +	– –	– –	+ +	+ –	+ –	– –	– –
		< 0,01	O P	+ +	+ +	+ +	– –	+ +	+ –	+ –	+ –	– –
Lắng trong	< 0,2	< 0,1	O	–	–	–	–	+	+	+	+	+
Lắng trong huyền phù có pha rắn dạng sợi	< 0,1	< 0,1	O	–	–	–	–	+	–	–	+	–

Chú thích: O - bã chỉ được lọc kiệt; P - bã được lọc kiệt và rửa; + là dùng được; Δ là có thể dùng được nhưng hiệu quả ít; – là không dùng được.

Từ những phương trình trên có thể xác định được thời gian lọc cần thiết, và từ đó các đại lượng nồng độ nước rửa, lớp bã được rửa cũng được xác định. Song trước tiên phải xác định K_r từ thực nghiệm, bằng cách đo các đại lượng; thời gian rửa (ph); nồng độ nước rửa (g/l); bề dày lớp bã (m); cường độ rửa (l/cm^2.ph) rồi qui đổi ra hệ đơn vị hợp pháp để tính cho phù hợp với các công thức trên.

Từ các đại lượng đo được có thể biểu thị quan hệ $C = f(r_r)$ trên đồ thị hình III.67.

Đường biểu diễn trên đồ thị là đường thẳng có độ nghiêng α: Từ độ nghiêng α người ta xác định được K_r.

Ngoài ra để tiết kiệm nước rửa người ta còn ứng dụng nguyên lý ngược chiều (xem h.III.68). Nước rửa ở khu vực II được đưa sang rửa sơ bộ khu vực I.

C. LY TÂM

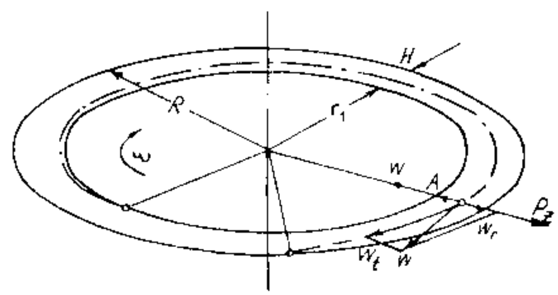
Để phân riêng pha rắn và pha lỏng của huyền phù người ta không những chỉ dùng phương pháp lắng và lọc, mà còn dùng nhiều phương pháp khác. Với hai phương pháp lắng và lọc thì quá trình xảy ra chậm, không thích hợp với lưu lượng lớn và những huyền phù mịn.

Bằng phương pháp ly tâm người ta có thể đạt được độ phân ly lớn, lọc được sạch, bã được rửa tốt. Thời gian lắng và lọc ngắn hơn. Tùy cấu tạo của bề mặt thùng mà quá trình tách tiến hành theo nguyên tắc lắng ly tâm hoặc lọc ly tâm.

§1. Lắng ly tâm

123. Thùng lắng có thành không đục lỗ, quay với tốc độ lớn. Dược tác dụng của lực ly tâm, huyền phù trong thùng phân thành các lớp riêng biệt (lớp nào có khối lượng riêng lớn nằm gần thành thùng, khối lượng riêng nhỏ nằm gần trục thùng). Quá trình ly tâm được tiến hành theo hai giai đoạn: lắng các hạt rắn, nén bã.

Hình III.69 biểu thị sự cân bằng lực trong quá trình ly tâm.



Hình III.69 . Cân bằng lực trong quá trình ly tâm

124. Yếu tố phân ly

Lực ly tâm được biểu thị theo quan hệ:

$$P_z = \frac{2m.u^2}{D} = m.\omega^2 \frac{D}{2}, N. \qquad \text{(III.141)}$$

Ngoài lực ly tâm còn có trọng lực, nhưng thường bỏ qua, vì P_Z rất lớn so với trong lực. Công thức tính yếu tố phân ly:

$$Z = \frac{P_z}{G} = 2\pi^2. \frac{D.\upsilon^2}{g} = \frac{C\ \omega^2}{2g}; \qquad \text{(III.142)}$$

trong đó m- khối lượng phần quay, kg; D- đường kính vòng quay, m; u- tốc độ vòng, m/s; ω- tốc độ góc, 1/s; $G = mg$ - trọng lực, N; g- gia tốc trọng trường, m/s^2; $\upsilon = n/60$ - hệ số chuyển; n- số vòng quay, vg/ph.

Tỉ số này cho biết tốc độ lắng của các phần tử dưới tác dụng của lực ly tâm lớn hơn tốc độ lắng của chúng dưới tác dụng của trọng lực bao nhiêu lần ở những điều kiện như nhau (độ nhớt, khối lượng riêng...) và được gọi là yếu tố phân ly.

Nếu $D.v^2 > 0,5$ thì $Z > 1$. Trong thực tế phạm vi số vòng quay của máy ly tâm trong khoảng 400 đến 50000 vg/ph. Đối với thùng quay lớn $Z = 300$, thùng quay nhỏ $Z = 50000$. Ở một vài trường hợp Z đạt giá trị cực đại 10^6. Đại lượng Z có thể được xác định qua n và D theo đồ thị chuẩn như ở hình III.70.

125. Mặt thoáng của pha lỏng trong thùng ly tâm

Trong quá trình làm việc, một điểm trên bề mặt chất lỏng đều chịu hai lực tác dụng là lực ly tâm P_z và trọng lực G. Vì vậy bề mặt chất lỏng có dạng hình parabon tròn xoay (hình III. 71, 71a):

$$Y^2 = 2(30/n)^2 X; \qquad \text{(III.143)}$$

Khoảng cách X của parabon sẽ là:

$$X = \frac{(n.R)^2}{1800} \qquad \text{(III.143a)}$$

Nếu số vòng quay lớn, thì một phần (theo trục tung x) của parabon có thể nằm ngoài thùng và cắt đáy thùng bán kính r_o :

$$r_o = \sqrt{\frac{-C.2g}{\omega^2}} \qquad \text{(III.143b)}$$

Lượng huyền phù đưa vào thùng trên một đơn vị diện tích:

$$L_x = \frac{V_F}{\pi.R^2} \quad , \text{m}^3/\text{m}^2;$$

$$V_F = V_T - V_x$$

trong đó V_T- thể tích thùng, m^3; V_x- thể tích của parabon tròn xoay, m^3, được xác định theo:

$$V_x = \frac{2\pi g}{\omega} \left| \frac{L^2}{2} - LC \right|_0^L$$

Với $C = L - \dfrac{R^2\omega^2}{2g}$ - là hằng số tích phân.

126. Năng suất lắng

Tốc độ lắng của các phần tử rắn trong máy ly tâm thay đổi theo bán kính r , vì vậy năng suất lắng Q xác định theo bán kính trung bình r_{tb} (thường lấy $r_{tb} \approx 0,85R$) như sau:

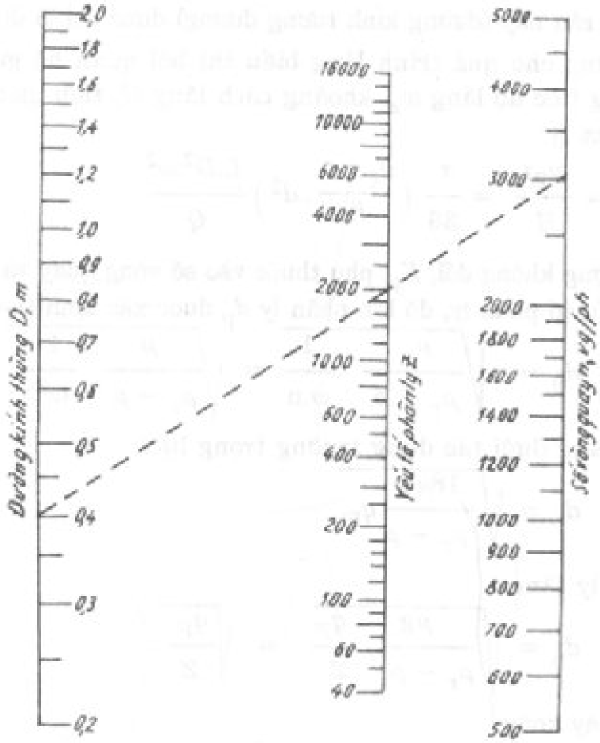
$$Q = \frac{1800.V_T}{\tau} \quad , \text{m}^3/\text{s}; \text{ (III.144)}$$

ở đây τ - thời gian lắng: $\tau = \dfrac{0,29.R}{w_z}$, s;

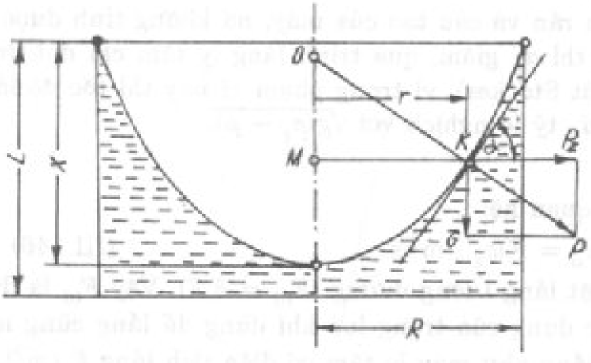
Đối với máy ly tâm gián đoạn thì:

$$\tau = \sum\tau_i = \tau_L + \tau_m + \tau_h + \tau_r + ...$$

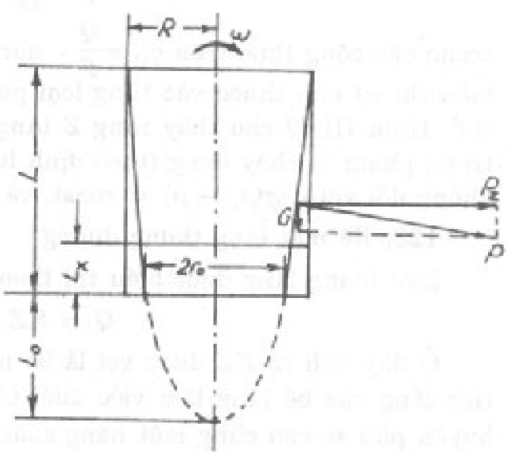
trong đó τ_L, τ_m, τ_h, τ_r- thời gian lắng, mở máy, hãm, rửa...; w_z - tốc độ lắng, m/s.



Hình III.70. **Toán đồ để xác định yếu tố phân ly Z theo n và D**



Hình III.71. **Mặt thoáng của pha lỏng**



Hình III.71a. **Mặt thoáng của pha lỏng khi số vòng quay lớn**

127. Độ lớn phân ly

Trong huyền phù chứa các hạt rắn có khả năng tồn tại giống nhau trong nước lọc và bã. Kích thước của các hạt rắn này (đường kính tương đương) được gọi là độ lớn phân ly.

Đại lượng đặc trưng cho quá trình lắng biểu thị bởi quan hệ giữa ba đại lượng cơ bản của quá trình lắng (tốc độ lắng w_z, khoảng cách lắng H, thời gian lưu lại trung bình τ) gọi là *chuẩn số phân ly:*

$$K_{pl} = \frac{w_Z \tau}{H} = \frac{\pi}{36}\left(\frac{\rho_r - \rho}{\mu}.d^2\right)\frac{L.D^2.\omega^2}{Q} \qquad \text{(III.145)}$$

Ở điều kiện lưu lượng không đổi, K_{pl} phụ thuộc vào số vòng quay và kích thước của thiết bị. Trên cơ sở của chuẩn số phân ly, độ lớn phân ly d_p được xác định theo công thức:

$$d_p \approx \sqrt{\frac{\mu}{\rho_r - \rho}.\frac{1}{\omega.n}} \approx \sqrt{\frac{\mu}{\rho_r - \rho}.\frac{1}{\omega^2.\tau}}$$

Đối với bể lắng (lắng dưới tác dụng trường trọng lực):

$$d_p = \sqrt{\frac{18\mu.g}{\rho_r - \rho}q_F}.$$

Đối với máy lắng ly tâm:

$$d_p \approx \sqrt{\frac{\mu g}{\rho_r - \rho}.\frac{q_F}{Z}} \approx \sqrt{\frac{q_F}{Z}}.$$

Trong phạm vi chảy xoáy:

$$d_p \approx \left(\frac{64}{\pi g}.\frac{\rho}{\rho_r - \rho}\right)^2.\frac{q_F^2}{Z}$$

Trong phạm vi chảy quá độ:

$$d_p \approx \sqrt[3]{\frac{\nu 8\psi}{\pi g^2}\left(\frac{\rho}{\rho_r - \rho}\right)^2\frac{q_F}{Z^{2/3}}}$$

trong các công thức trên $q_F = \frac{Q}{F}$ - năng suất lắng tính trên một đơn vị bề mặt lắng, d_p biểu thị sự phụ thuộc vào từng loại pha rắn và cấu tạo của máy, nó không tính được cụ thể. Hình III.72 cho thấy rằng Z tăng thì d_p giảm, quá trình lắng ly tâm chỉ đạt được trong phạm vi chảy dòng (theo định luật Stockes), vì trong phạm vi này thì tốc độ lắng không đổi với $d^2 g(\rho_r - \rho)$ = const, và d_p tỷ lệ nghịch với $\sqrt{g(\rho_r - \rho)}$.

128. Bề mặt lắng tương đương

Lưu lượng lắng được biểu thị theo quan hệ:

$$Q = F.Z.w_o = F.w_z\text{ , m}^3\text{/s.} \qquad \text{(III.146)}$$

Ở đây tích số $F.Z$ được gọi là bề mặt lắng tương đương ($F_{td} = F.Z$). Vậy F_{td} là diện tích lắng của bể lắng làm việc dưới tác dụng của trọng lực khi dùng để lắng cùng một huyền phù sẽ cho cùng một năng suất lắng như máy ly tâm có diện tích lắng F (m²).

Bề mặt lắng tương đương được xác định theo quan hệ:

$$F_{td} = D.L\pi.\frac{\pi^2}{g}\frac{D.n^2}{1800} \approx \frac{\pi}{1800}L(Dn)^2\text{, m}^2 \qquad \text{(III.147)}$$

Đối với những thiết bị có vách ngăn cao thì

$$F_{td} = \frac{\pi}{1800} L(Dn)^2(1 - H/D)^2, \text{ m}^2. \quad \text{(III.148)}$$

Đối với các loại thiết bị lắng ly tâm khác nhau thì F_{td} cũng được tính theo quan hệ khác nhau. Với máy lắng ly tâm loại ống (hình III.73) thì

$$F_{td} = \frac{V}{w_o \tau_1} .$$

Ở đây nếu quá trình lắng trong môi trường đồng đều ta có:

$$\tau_1 = H/w,$$

còn ở môi trường không đồng đều thì:

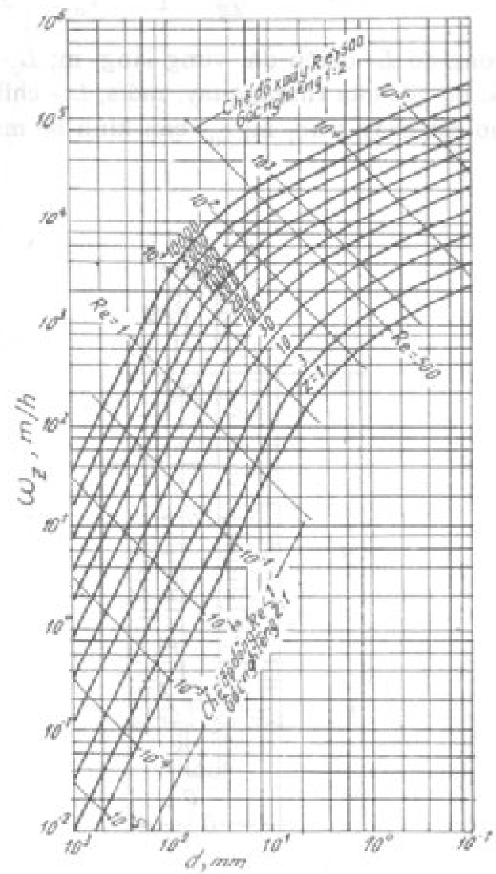
$$\tau_1 = \int_{R-H}^{R} \frac{dr}{w_{z(r)}} = \int_{r_1}^{R} \frac{dr}{w_o Z_{(r)}}$$

$$\text{và } F_{td} = \frac{\pi}{g} \omega^2 . L \frac{R^2 - r_1^2}{\ln \frac{R}{r_1}} =$$

$$= \frac{\pi}{1800} L(Dn)^2 \frac{(2H/D)(1 - H/D)}{\ln \frac{D}{D - 2H}}, \text{ m}^2.$$

Đối với máy lắng ly tâm hình nón (h.III.73a) thì F_{td} được xác định theo:

$$F_{td} = \frac{\pi}{1800} .L(Dn)^2 \left[\frac{1}{2} - \frac{3}{4}\left(\frac{H}{D}\right) + \left(\frac{H}{D}\right)^2\right]$$



Hình III.72. Đồ thị xác định tốc độ lắng w_z (cát lắng trong nước ở 20°C)

Ngoài ra người ta còn xây dựng toán đồ quan hệ giữa các thông số w_o, F_{td} và Q. Trên cơ sở toán đồ từ giá trị thực nghiệm người ta xác định được các đại lượng trên (hình III.74).

Chú ý, quan hệ $F_{td} = F.Z$ không thích hợp trong phạm vi chế độ thủy động khác. Trong phạm vi $Re > 500$:

$$F_{td} = F.\sqrt{Z}, \text{ m}^2. \quad \text{(III.149)}$$

Điều đó chứng tỏ rằng trong phạm vi chảy xoáy ảnh hưởng của lực ly tâm nhỏ hơn và F_{td} được xác định theo quan hệ.

$$F_{td} = F\sqrt{Z} = \frac{\pi}{42{,}5} L\sqrt{D(Dn)}, \text{ m}^2. \quad \text{(II.150)}$$

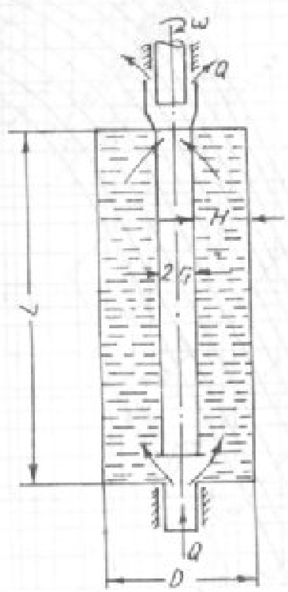
Trong phạm vi chảy quá độ:

$$F_{td} = F.Z^{2/3} = \frac{\pi}{148} L\sqrt[3]{D}(Dn)^{4/3}, \text{ m}^2. \quad \text{(III.151)}$$

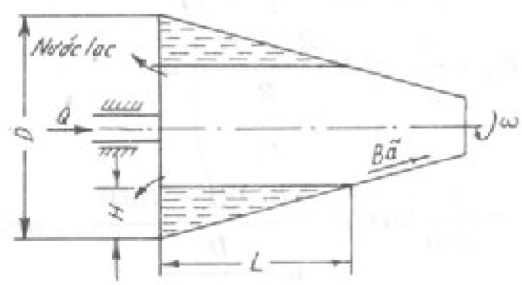
Đối với máy lắng ly tâm kết hợp hình ống và hình nón:

$$F_{td} = \frac{\pi.L.r_o\omega^2}{2g}\left[2 + \frac{h}{r_o}.\frac{L_c + 2L_o}{2L} + \frac{1}{6}\frac{h^2}{r_o^2}\left(\frac{3L_o + L_c}{L}\right)\right], \text{ m}^2; \quad \text{(III.152)}$$

trong đó L- chiều dài vùng lắng, m; L_c- chiều dài phần hình nón của vùng lắng, m; ω- tốc độ góc của thùng quay, rad/s; L_o- chiều dài phần hình ống của vùng lắng, m; h- chiều cao cột chảy tràn, m; r_o- bán kính bề mặt chảy tràn, m;



Hình III.73. Ly tâm loại ống



Hình III.73a. Ly tâm hình nón

Đối với máy ly tâm loại đĩa:

$$F_{td} = 2\pi iHr_{tb}^2\frac{\omega^2}{g}, \text{ m}^2; \quad \text{(III.153)}$$

trong đó i- số đĩa; $r_{tb} \approx 0{,}70r_{max}$, r_{max}- bán kính cực đại của đĩa, m; H- chiều cao đĩa, m.

Đối với máy lọc ly tâm hình ống:

$$F_{td} = \frac{\Omega\omega^2}{g.\ln(R/r_o)}, \text{ m}^2; \quad \text{(III.154)}$$

với $\Omega = \pi(R^2 - r_o^2)\,L$ - thể tích làm việc của thùng, m^3; r_o - bán kính trong của lớp huyền phù trong thùng quay, m; R- bán kính trong của thùng quay, m; L - chiều dài thùng quay, m.

129. Hiệu suất máy ly tâm:

$$\eta = V_T/V_1; \qquad \text{(III.155)}$$

V_T, V_1- năng suất thực tế và lý thuyết của máy, m/s.

Năng suất lý thuyết là năng suất không kể đến các yếu tố sau đây ảnh hưởng đến quá trình lắng:

a) tốc độ quay của chất lỏng lúc đầu chưa đạt ngay tốc độ quay của thùng nên trong một khoảng thời gian còn trượt trên thành thùng;

b) các hạt đã lắng rồi có thể lại bị kéo theo dòng chất lỏng do xoáy dòng;

c) ảnh hưởng khuấy trộn đối với thiết bị có cỡ tải;

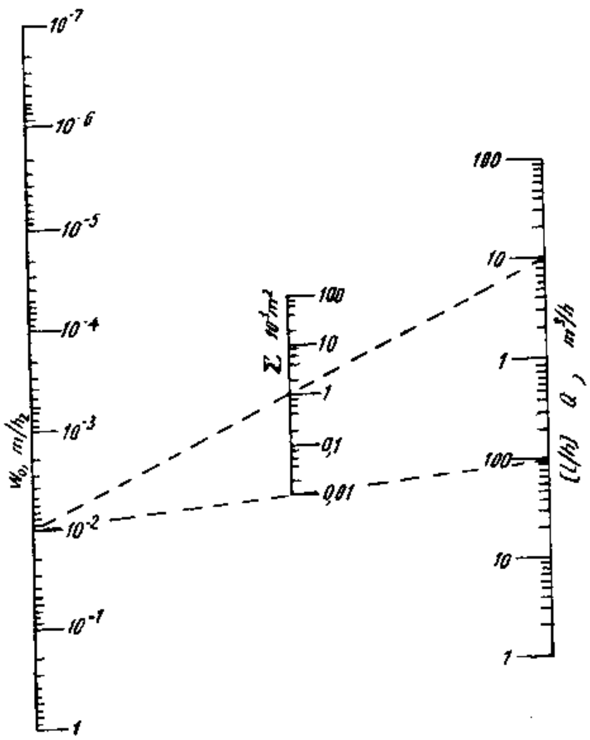
d) khoảng cách không đều giữa các đĩa của máy ly tâm loại đĩa.

Hiệu suất η có thể xác định theo công thức:

$$\eta = A.F_{r1}^{x}.Re_1^{y}.(\Delta\rho/\rho_1)^z; \qquad \text{(III.156)}$$

trong đó F_{r1}- chuẩn số Frut đối với trường lực ly tâm:

$$F_{r1} = \frac{V^2}{\omega^2 r_o^3.L^3} \quad ; \qquad \text{(III.157)}$$



Hình III.74. Toán đồ để xác định lưu lượng lắng Q

Re_1- chuẩn số Râynôn để xác định chế độ chuyển động của chất lỏng trong thùng:

$$Re_1 = \frac{V.\rho_1}{2\pi r_o u_1} \quad ; \qquad \text{(III.158)}$$

$\dfrac{\Delta\rho}{\rho_1} = \dfrac{\rho_r - \rho_1}{\rho_1}$ - đặc trưng cho chuẩn số Ar.

Đối với máy lắng ly tâm thùng hình trụ ngắn: $A = 9$; $x = 0{,}1$; $y = -0{,}1$; $z = 1{,}04$.

Đối với máy lắng ly tâm có cạo bã bằng vít xoắn: $A = 9{,}52$; $x = 0{,}16$; $y = -0{,}151$; $z = 0{,}286$.

130. Công suất cần thiết trên trục của máy ly tâm

Công suất tiêu tốn khi mở máy gồm có:

- năng lượng thắng lực ỳ của mý;
- năng lượng thắng lực ma sát;
- năng lượng thắng sức cản của không khí.

Năng lượng để thắng lực ỳ của thùng cùng với huyền phù được xác định theo:

$$N_y = \frac{A_T + A_h}{1000\tau_m}, \text{ kW}; \qquad \text{(III.159)}$$

trong đó $A_T = \dfrac{\omega^2 R^2 m_T}{2} = \dfrac{u_T^2 m_T}{2}$ (công thắng mômen ỳ của thùng lúc mở máy), N.m;

$A_h = 0,75\dfrac{u_T^2 \rho\, V_T}{4} \approx 0,19\, u'^2_T.\rho.V_T$ (công thắng lực ỳ của huyền phù), N.m; u_T - tốc độ vòng của thùng khi đã đạt số vòng quay ổn định, m/s; m_T- khối lượng của thùng, kg; ρ- khối lượng riêng của huyền phù, kg/m^3; u'_T- tốc độ vòng tính trên bán kính trong của thùng, m/s.

Năng lượng để thắng ma sát ở ổ trục:

$$N_m = \frac{f.\, m'_T.u_n.g}{1000}\ , \text{ kW}; \qquad \text{(III.160)}$$

m'_T- khối lượng của thùng cùng với huyền phù, kg; f- hệ số ma sát (chọn 0,07 – 0,1); u_n- tốc độ vòng của ngõng trục, m/s.

Năng lượng thắng sức cản của không khí:

$$N_g = 0,736.10^{-6}.\xi.D_{ng}^2.u_T^3.\rho_k, \text{ kW}; \qquad \text{(III.161)}$$

trong đó ξ- hệ số trở lực (thường chọn 2, 3); D_{ng}- đường kính ngoài của thùng, m; ρ_k- khối lượng riêng của không khí, kg/m^3.

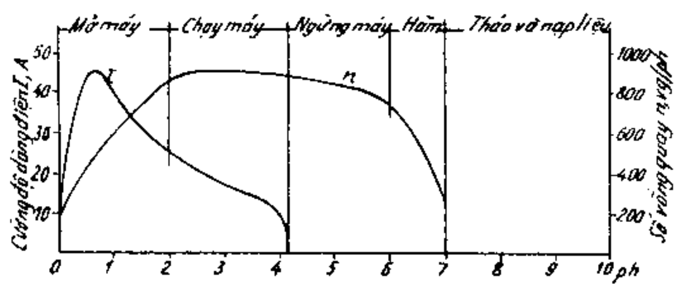
Vậy công suất cần thiết khi mở máy:

$$N = N_y + N_m + N_g, \text{ kW}. \qquad \text{(III.162)}$$

Trong thực tế cần có hệ số an toàn từ 10 đến 20%, vậy công suất của động cơ điện cần dùng:

$$N_{dc} = \left(\frac{N}{0,90} \div \frac{N}{0,80}\right)\ , \text{ kW}. \qquad \text{(III.163)}$$

Mối quan hệ của cường độ dòng điện và số vòng quay của một máy ly tâm trong một chu kỳ làm việc được biểu thị ở hình III.75.



Hình III.75. **Chu kỳ làm việc của máy ly tâm**

Đối với máy làm việc liên tục thì toàn bộ công tiêu tốn sẽ bằng phần năng lượng N_m, N_g và năng lượng cần thiết để tạo gia tốc cho chất lỏng đạt tới số vòng quay lớn nhất, để vận chuyển và thải bã.

§2. Lọc ly tâm

131. Đối với máy lọc ly tâm, thành thùng có đục lỗ, bên trong phủ lớp vải lọc. Khi làm việc, hạt rắn (pha nặng) được giữ lại trên bề mặt vải lọc tạo thành lớp bã, nước lọc (pha nhẹ) chui qua vách ngăn ra ngoài thùng. Quá trình lọc ly tâm được tiến hành theo ba giai đoạn: tạo thành bã, ép bã và cuối cùng là đẩy chất lỏng còn bị giữ lại trong các khe của bã (do lực mao dẫn và lực phân tử) ra khỏi lớp bã.

Giai đoạn đầu tương tự như quá trình lọc bình thường. Giai đoạn hai tương tự như quá trình lắng ly tâm. Giai đoạn ba kết thúc quá trình lọc và biểu thị quá trình sấy bã cơ học.

Tốc độ tách nước giảm dần từ giai đoạn đầu đến giai đoạn cuối. Thời gian của mỗi giai đoạn phụ thuộc vào tính chất lý học, nồng độ huyền phù và cấu tạo của máy ly tâm.

Năng suất lọc ly tâm:

$$V_1 = \frac{3600.V}{\Sigma\tau}, \ m^3/h; \qquad (III.164)$$

trong đó V- lượng nước lọc trong thời gian τ, m^3; $\Sigma\tau$- tổng thời gian (mở máy, hãm máy, lọc, tháo bã, rửa)s.

132. Áp suất ở đáy thùng, tỉ số gia tốc

Đối với chất lỏng tĩnh có chiều cao H và khối lượng riêng ρ thì áp suất ở đáy thùng:

$$p_đ = \rho.g.H, \ N/m^2. \qquad (III.165)$$

Khi thùng quay có đường kính D, chiều cao lớp chất lỏng H, thì áp suất đáy:

$$p_{đ1} = \frac{\rho}{2}\omega^2.H(D - H), \ N/m^2; \qquad (III.166)$$

Như vậy so với áp suất thủy tĩnh thì áp suất ở đáy thùng lọc ly tâm sẽ lớn hơn K lần, với:

$$K = \frac{\omega^2}{2g}(D - H) = Z(1 - H/D).$$

Nếu như lớp chất lỏng rất mỏng ($H << D$) thì $K \approx Z$, điều đó có nghĩa là quá trình lắng và lọc gần như nhau.

Vậy phương trình biểu thị áp suất ở đáy cũng như áp suất lọc có dạng:

$$p_{đ1} = \Delta p_1 = 5{,}6.10^{-4}\rho.n^2.H(D - H), \ N/m^2 \qquad (III.167)$$

§3. Cấu tạo máy ly tâm

133. Máy ly tâm được phân loại theo các cách sau đây:

a) Theo yếu tố phân ly, gồm có hai nhóm:

– với $Z < 3500$, dùng để phân riêng dung dịch huyền phù có nồng độ khác nhau;

– với $Z > 3500$ là máy ly tâm cao tốc dùng phân ly huyền phù mịn và dung dịch keo.

b) Theo công dụng của máy, chia làm ba nhóm:

– máy lọc ly tâm, dùng để phân riêng huyền phù mà pha phân tán là các hạt tinh thể rắn hoặc để tách nước của các vật liệu không linh động;

– máy lắng ly tâm, dùng để phân riêng huyền phù khó lọc, hoặc những dung dịch huyền phù có nồng độ thấp;

– máy phân ly, dùng để phân riêng dung dịch nhũ tương.

c) Theo phương pháp tháo bã, gồm các loại tháo bã bằng tay, bằng vít xoắn, bằng dao cạo, bằng thanh gạt, bằng thủy lực.

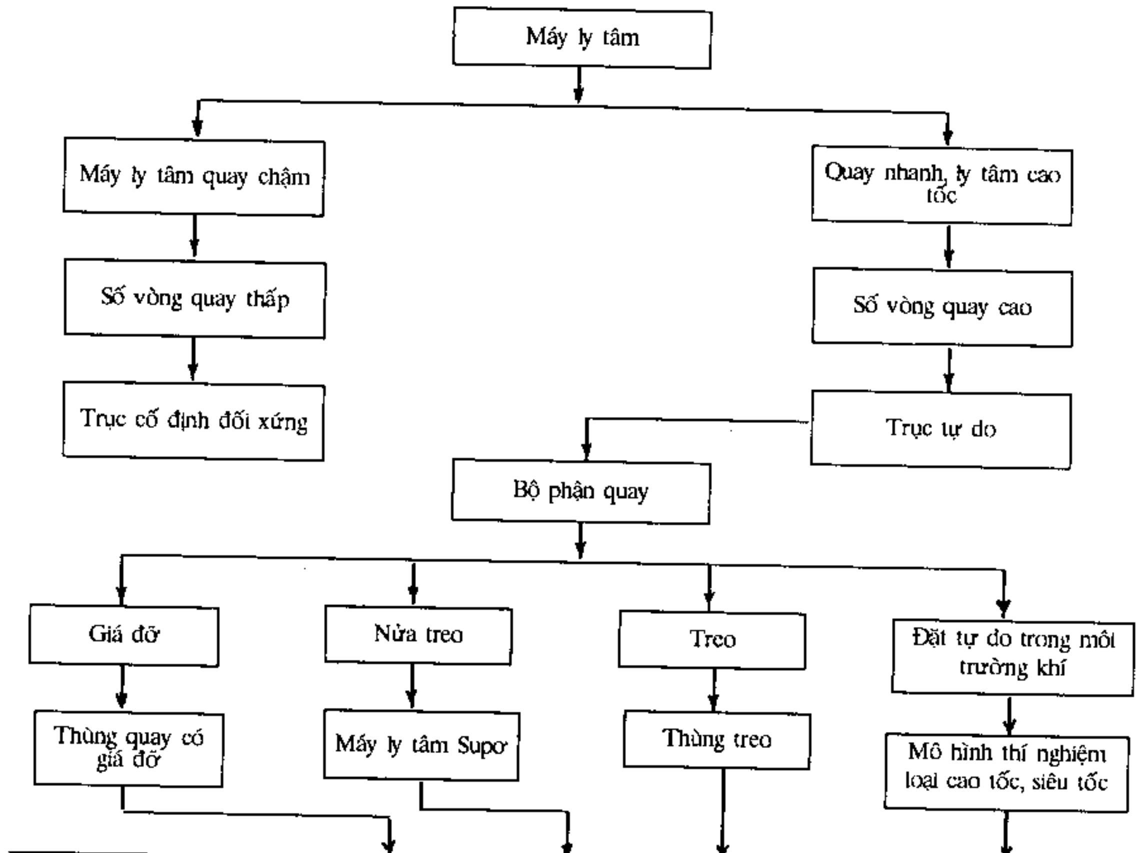
d) Theo cấu tạo của chỗ tựa (kiểu đứng, kiểu treo), theo vị trí của trục (nằm ngang, nghiêng, thẳng đứng).

Ngoài ra theo phương pháp làm việc mà người ta chia máy ly tâm làm việc gián đoạn và làm việc liên tục.

c) Theo số vòng quay và đặc biệt theo chỗ tựa của thùng, Brêmơ đã chia cấu tạo của máy ly tâm theo bảng trang sau.

Hiện nay ở nhiều nước công nghiệp phát triển máy ly tâm đã được tiêu chuẩn hóa, ví dụ tiêu chuẩn của nước Đức cho trong bảng III.25.

a) Máy ly tâm làm việc gián đoạn



Số vòng quay, vg/ph	4500 – 12000	19000 – 65000	75000	65000 – 1200000
Tốc độ vòng của thùng, m/s	50 – 120	40 – 120	65	500

134. Các giai đoạn của máy ly tâm làm việc gián đoạn gồm:

- mở máy, nạp nguyên liệu vào thùng;
- thùng quay với tốc độ không đổi, dung dịch phân riêng thành bã và nước trong;
- ngừng máy, tháo bã.

Giai đoạn nạp liệu có thể tiến hành trước khi máy quay, khi máy quay với tốc độ không đổi hoặc lúc máy vừa quay chưa đạt tốc độ cố định. Nếu bã yêu cầu phải rửa thì trong quá trình rửa bã, máy vẫn chạy ở tốc độ làm việc.

Máy ly tâm làm việc gián đoạn có thể tiến hành ở thùng không đục lỗ và có đục lỗ. Ở thùng có đục lỗ, độ ẩm của bã có thể giảm hơn từ 1 đến 5%. Ở thùng không đục lỗ độ ẩm có thể đạt 70% hay lớn hơn. Hiện nay loại máy được dùng chủ yếu là loại thẳng đứng lấy bã phía trên hay phía dưới.

135. Máy ly tâm lắng và lọc ba chân. Loại này đã được tiêu chuẩn hóa, dùng để lọc và lắng. Đường kính máy 600, 800, 1000 mm. Thể tích chứa 45, 70, 140 lít. Yếu tố phân ly lớn nhất dao động trong khoảng 800 đến 965. Nếu dùng để lọc, máy ly tâm ba chân

có thể có đường kính 1200 đến 1500 mm. Động cơ của loại này được đặt trên vỏ máy. Máy quay chậm hơn và do đó yếu tố phân ly chỉ đạt từ 430 đến 615. Loại máy này có ưu điểm là thấp, làm việc ổn định, và có nhược điểm là tháo bã bằng tay.

Bảng III.25. **Máy ly tâm (theo tiêu chuẩn Đức TGL - 5237)**

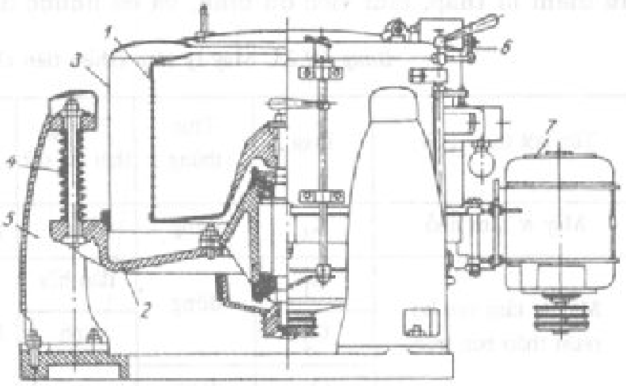
Tên gọi theo TGL	Loại	Trục thùng	Trạng thái giá đỡ	Tháo	Độ nghiêng của đáy	Loại thùng quay	
						lọc ly tâm	lắng ly tâm
Máy ly tâm nhỏ	K_1	đứng	tĩnh	phía trên	–	——	——
Máy ly tâm với bộ phận tháo bên trên	O_1	đứng	đàn hồi	phía trên	–	——	
	O_2		tĩnh			——	——
	O_3	treo	–			——	
Máy ly tâm với bộ phận tháo phía dưới	u_1	đứng	tĩnh	phía dưới	–	——	——
	u_2	treo	–		bằng	——	
	u_3				dốc	——	
Máy ly tâm treo lúc lắc	$P_{1\grave{e}}$	treo	lúc lắc	phía trên	–	——	
Máy ly tâm với bộ phận tháo ở một bên	S_1	nằm ngang	một phía	ở bên	–	——	——
	S_2		hai phía			——	——

Chú thích: ———— Phạm vi sử dụng được

Bảng III.26. **Kích thước thùng quay**

Loại cấu tạo	Đường kính trong các thùng quay, mm													
	300	400	450	500	600	700	850	1000	1060	1200	1250	1500	2000	2500
K_1	—	—												
O_1				—	—	—								
O_2				—	—		—							
O_3							—	—		—				
U_1							—	—		—				
U_2							—	—	—	—	—			
U_3											—			
P_1				—	—	—	—	—		—		—		
S_1			—		—			—		—		—		
S_2										—				

Ổ trục, bộ phận truyền động dễ bị ăn mòn hóa học do tác dụng của chất lỏng lọt vào (hình III.76).

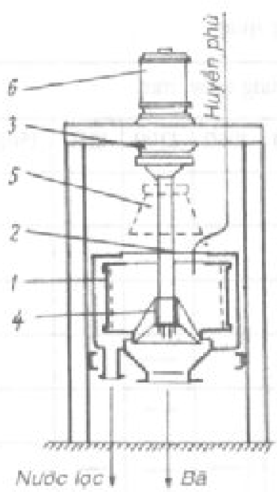


Hình III.76. **Máy ly tâm ba chân:**
1- thùng quay; 2- thanh đỡ; 3- vỏ; 4- bu lông giữ; 5- chân; 6- bộ phận hãm; 7- động cơ điện

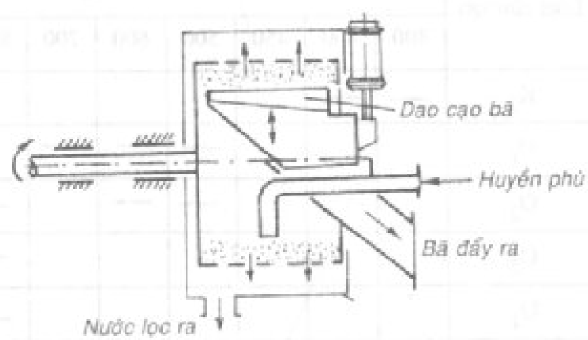
136. Máy ly tâm kiểu treo, loại này có yếu tố phân ly 1180 ÷ 615, đường kính rôto 1000 ÷ 1200 mm. Ổ bi và bộ phận truyền động không bị chất lỏng ăn mòn. Tháo bã tương đối nhẹ nhàng và nhanh. Máy làm việc chắc chắn, rôto quay có thể dao động tự do được (hình III.77).

137. Hiện nay để giảm thời gian và năng lượng tiêu hao không cần thiết, người ta đã thiết kế loại máy ly tâm cạo bã tự động. Nguyên tắc làm việc giống như máy ly tâm kiểu treo, song ở trên trục người ta gắn một con dao hay một thanh gạt. Dao cạo này chuyển động lên xuống được nhờ bộ phận thủy lực. Với loại này các giai đoạn nạp liệu, ly tâm và cạo bã nối tiếp nhau từ giai đoạn nọ đến giai đoạn kia. Điều chỉnh thời gian từng giai đoạn nhờ bộ phận tự động. Tuy vậy loại này có nhược điểm là bã hay bị nghiền nhỏ khi cạo (hình III.78).

b) Máy ly tâm làm việc liên tục



Hình III.77. **Máy ly tâm kiểu treo:**
1- rôto; 2- trục; 3- ổ trục; 4- bạc đỡ; 5- chóp nón; 6- động cơ điện

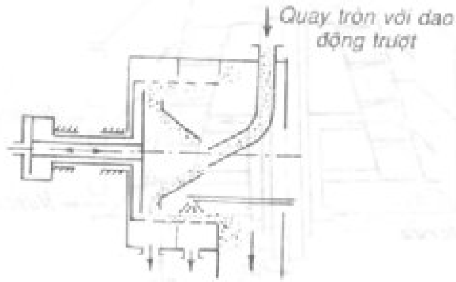


Hình III.78. **Máy ly tâm cạo bã tự động nằm ngang**

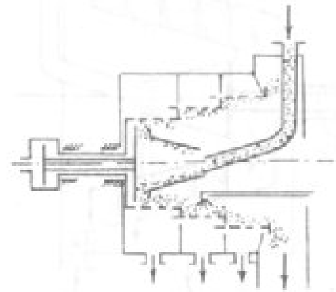
138. Máy ly tâm cạo bã kiểu pittông

Loại này làm việc liên tục, nguyên liệu, bã và nước trong được đưa vào và lấy ra liên

tục. Để tăng năng suất và hiệu suất làm việc người ta chế tạo loại máy ly tâm nhiều bậc. Bậc càng nhiều thì thời gian lưu lại của bã càng lâu và do đó bã được khô hơn. Bã đi ra có thể được rửa sạch bằng vòi phun (hình III.79 và III.80).



Hình III.79. **Máy ly tâm cạo bã bằng pittông một bậc**



Hình III.80. **Máy ly tâm cạo bã bằng pittông ba bậc**

139. Máy ly tâm nằm ngang cạo bã bằng vít xoắn. Làm việc theo nguyên tắc lắng. Loại này có ưu điểm:

- năng suất cao;
- dùng để phân riêng huyền phù có đường kính hạt bé và nồng độ cao rất tiện lợi;
- có thể dùng để phân loại các hạt rắn theo kích thước hoặc theo khối lượng riêng.

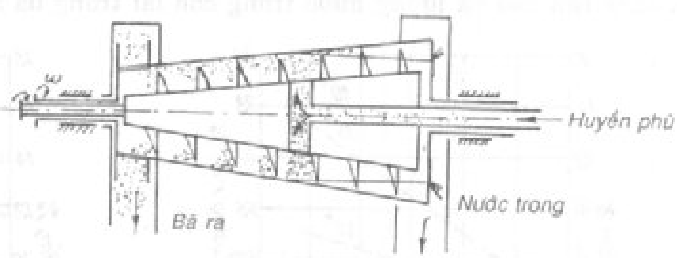
Nhược điểm của nó là:

- tiêu hao năng lượng lớn;
- bã bị nghiền nhỏ;
- nước lọc hay bị vẩn đục bởi các hạt nhỏ.

Cấu tạo và nguyên tắc làm việc được biểu thị ở hình III.81. Ngoài ra người ta còn chế tạo loại máy lọc ly tâm cạo bã bằng vít xoắn nằm ngang và thẳng đứng (hình III.82, hình III.82a). Loại này dùng để lọc huyền phù có pha rắn ở dạng hạt hoặc tinh thể có đường kính 0,2 đến 2 mm.

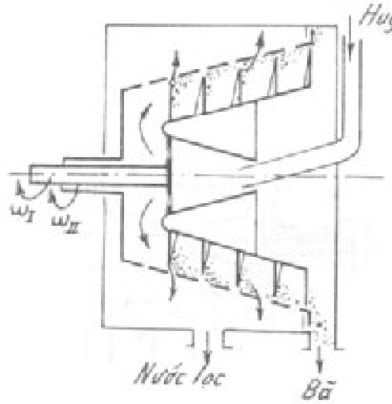
Năng suất làm việc của máy này đối với một vài nguyên liệu cho ở bảng III.27.

Qua thực nghiệm người ta thấy rằng, độ nghiêng của bề mặt thùng lọc (rôto) có ảnh hưởng đến kết quả lọc (chất rắn có chuyển động trượt trên mặt thùng).

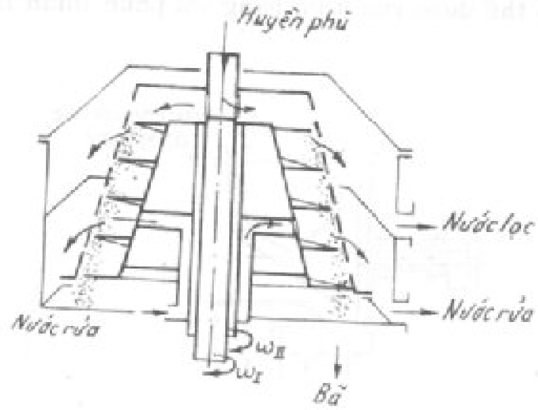


Hình III.81. **Máy ly tâm cạo bã bằng vít xoắn**

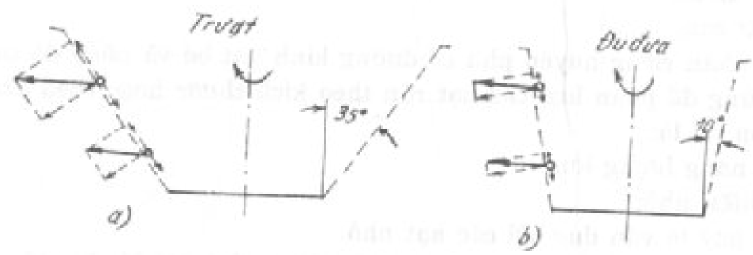
Đồ thị véc tơ chỉ ra rằng, phần tử rắn được tách ra với gia tốc tăng theo đường kính rôto, vì vậy tốc độ trượt tăng theo độ nghiêng của rôto (h.III.83). Trong trường hợp này bề dày lớp bã mỏng, do đó hạt mịn tụ lại nhanh chóng ở mặt lưới lọc. Năng suất lọc (tính



Hình III.82. **Máy lọc ly tâm nằm ngang cạo bá bằng vít xoắn**

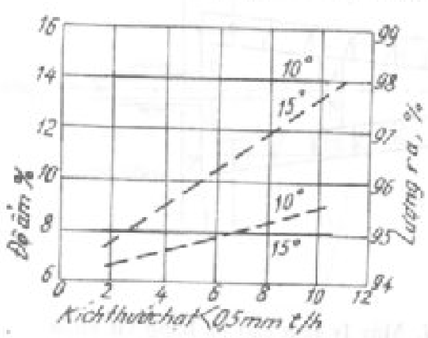


Hình III.82a. **Máy lọc ly tâm thẳng đứng cạo bá bằng vít xoắn**

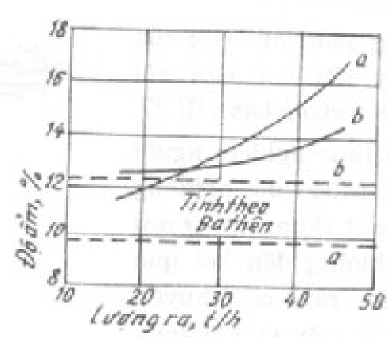


Hình III.83. **Ảnh hưởng độ nghiêng của rôto đối với lọc ly tâm**

theo rắn) sẽ nhỏ hơn, nếu hạt mịn và lượng nước lọc còn đọng lại nhiều trong bã. Qua thực nghiệm thấy rằng bề mặt lọc nghiêng ít nhất 30° sẽ thích hợp cho huyền phù có độ nhớt lớn. Đối với rôto có độ nghiêng nhỏ thì đòi hỏi phải tháo bã liên tục tạo khả năng tách chất rắn cao và lượng nước trong còn lại trong bã ít (hình III.84, III.85).



Hình III.84. **Ảnh hưởng của góc nghiêng:**
... độ ẩm của bã: — hiệu suất tách (lượng bã bị nước trong mang ra)



Hình III.85. **Sự phụ thuộc của độ ẩm trong bã vào năng suất máy tính theo lượng bã:**
a) lọc ly tâm vít tải (vít xoắn); b) lọc ly tâm cạo bã

Những số liệu được biểu thị trên hình vẽ lấy từ thí nghiệm với than bùn.

Bảng III.27. Chế độ làm việc của máy lọc ly tâm

Sản phẩm	Kích thước hạt, mm	Nhiệt độ làm việc, °C	Nồng độ huyền phù, % sản phẩm	Năng suất tính theo sản phẩm, t/h	Độ ẩm cuối, %
Sắt sunfat	0,4	20	40	3 – 4	2 – 3
Metylhexan	0,23	60	43	3 – 4	2,5
Bùn than	9,4	20	60	5	10 – 12
Xôđa tinh thể	0,6 – 1,2	20	30	1,2 – 5	1,3 – 2
Muối ăn ·	0,4	80 – 90	50	5	1,5 – 2
Tro	0,8	20	30	1,5 – 2	0,7 – 1

140. *Máy ly tâm cao tốc và siêu tốc* có hai loại theo số vòng quay:

– loại có số vòng quay 5000 đến 10^5 vg/ph;

– ly tâm siêu tốc loại ống với số vòng quay 14000 đến 45000 vg/ph.

Máy ly tâm loại dĩa, loại này dùng để phân ly dung dịch nhũ tương hoặc chất lỏng có nồng độ pha rắn ít (hình III.86). Loại này có ưu điểm là:

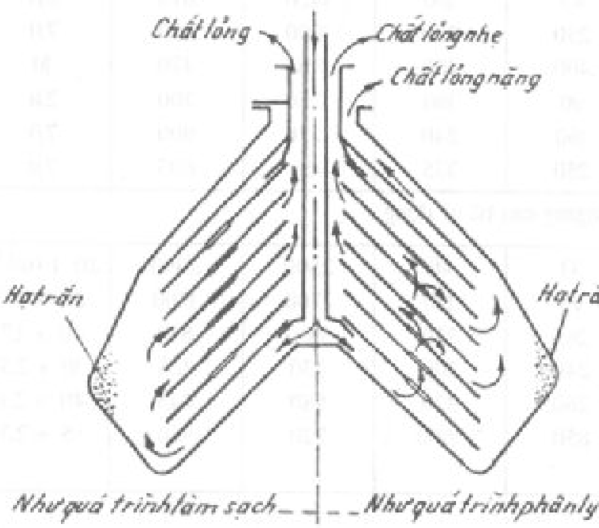
– mức độ phân ly cao;

– thể tích thùng lớn;

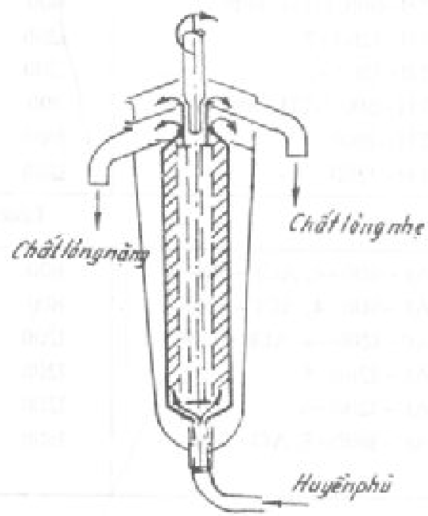
và nhược điểm của nó là:

– cấu tạo phức tạp;

– đối với chất lỏng ăn mòn hóa học thì khí gia công.



Hình III.86. Máy ly tâm loại đĩa



Hình III.87. Máy ly tâm loại ống

Máy ly tâm cao tốc loại ống: Tùy theo nhiệm vụ của mý là lắng trong hoặc phân riêng mà đầu trên của ống có cấu tạo khác nhau. Nếu dùng để lắng thì đầu trên có một

lỗ để nước trong ra, nhưng nếu để phân riêng thì đầu trên có hai lỗ. Để điều chỉnh khối lượng hai pha người ta gắn vào đầu một cái màng (hình III.87).

Loại này có ưu điểm:

- cường độ phân riêng lớn (lực ly tâm gấp 8 đến 34 lần máy ly tâm thường);
- kín, gọn gàng.

Nhược điểm của nó là:

- dung tích nhỏ;
- nếu dùng để lắng thì phải tháo bã bằng tay, như vậy mất tính chất liên tục của máy.

Đặc trưng của máy ly tâm theo tiêu chuẩn của Liên Xô được biểu thị trong các bảng sau đây.

Bảng III.28. **Máy ly tâm làm việc gián đoạn**

Loại	Đường kính trong của rôto, mm	Dung tích, lít	Tải trọng giới hạn, kg	Số vòng quay, vg/ph	Yếu tố phân ly lớn nhất	Công suất động cơ điện, kW
Loại treo, truyền động ở phía trên						
ПН–1000	1000	300	450	1450	1180	40
ПМ–1200	1200	300	450	960	620	20
ПС–1200–2	1200	325	500	975	640	40
АПН–1250	1250	470	650	1460	1500	90
Loại treo ba chân, tháo bã phía trên hoặc dưới						
ТВ–450, ОТВ–450	450	20	40	2000	1000	1,7
ТВ–600, ОТВ–600	600	45	100	1420	670	2,8
ТВ–1200–2	1200	250	250	1000	670	7,0
ТВ–1500–2	1500	400	400	750	470	10
ТН–800 ОТН–800	800	90	180	1250	700	2,8
ТН–1000	1000	160	240	1270	900	7,0
ТН–1200	1200	250	375	950	605	7,0
Loại nằm ngang cạo bã tự động						
АГ–600–4, АОГ–600–4	600	33	40	2500	2090	20 + 0,6[1]
АГ–800–4, АОГ–800–4	800	95	120	1700	1300	28 + 2,3
АГ–1200–4, АОГ–1200–4	1200	265	320	1100	810	40 + 1,7
АГ–1200–5	1200	240	300	430	125	10 + 2,3
АГ–1200–6	1200	260	320	980	645	40 + 2,1
АГ–1800–3, АО–1800–3	1800	850	1000	720	520	55 + 2,3

Chú thích: 1) số thứ hai chỉ công suất bơm.

Rôto của loại máy ly tâm НТП (bảng III.29) gồm hai hay nhiều rôto cùng ghép trên một trục. Loại này dùng để tách các huyền phù dễ lọc và trong trường hợp cần thiết - dùng để rửa pha rắn. Loại này làm việc có hiệu quả cao khi nồng độ pha rắn không bé hơn 40 và kích thước hạt rắn lớn hơn 0,1 mm.

Bảng III.29. **Máy ly tâm liên tục nằm ngang tháo bã bằng chấn động**

Loại	Đường kính trong của rôto, mm	Số rôto	Năng suất tính theo bã, kg/h	Số vòng quay, vg/ph	Yếu tố phân ly theo đường kính trong của rôto đầu tiên	Công suất động cơ, kW
НГП–2 К–400	400	2	đến 1000	1000	225	10 + 2,8
НГП–2 К–600	600	2	3000	1000	355	10 + 4,5
НГП–2 К–800	800	2	6000	1200	645	20 + 11
НГП–4 К–650	650	4	6000	850	260	20 + 14

Bảng III-30. **máy lắng ly tâm liên tục nằm ngang cạo bã bằng vít tải**

Loại	Đường kính trong (nơi lớn nhất)	Năng suất tính toán lớn nhất		Số vòng quay lớn nhất trong một phút	Yếu tố phân ly theo đường kính lớn	Công suất động cơ điện, kW
		theo huyền phù, m^3/h	theo pha rắn, kg/h			
НОГШ–325	325	đến 6	đến 500	3500	2200	7
НОГШ–500–2	500	đến 13	đến 1250	2650	2000	25
НОГШ–600	600	15	5000	1470	725	28
НОГШ–800–2	800	25	8000	1200	650	50 + 1(1)

Chú thích: 1) số thứ hai chỉ công suất bơm.

Máy ly tâm siêu tốc loại ống СГО (bảng III.31) dùng để lắng huyền phù mịn hàm lượng rắn không quá 1% (sơn, men...).

Loại СГО làm việc gián đoạn tháo bã bằng tay.

Loại СГС làm việc liên tục, dùng để tách huyền phù mịn hay nhũ tương, ví dụ tách nước khỏi dầu mỡ.

Bảng III.31. **Máy ly tâm siêu tốc loại ống**

Loại	Đường kính ống, mm	Dung tích, lít	Tải trọng giới hạn, kg	Số vòng quay trong một phút	Yếu tố phân ly	Khả năng cho nước qua, l/h	Công suất động cơ, kW
СГС–100, СГО–100	100	6	10	15000	13000	đến 750	1,7
СГС–150-СГО–150	150	11,2	20	13500	15000	2000	7
С–45–1	45	0,25	0	20000	9850	đến 10	0,25
С–45–2	45	0,25	0	50000	62000	25	–

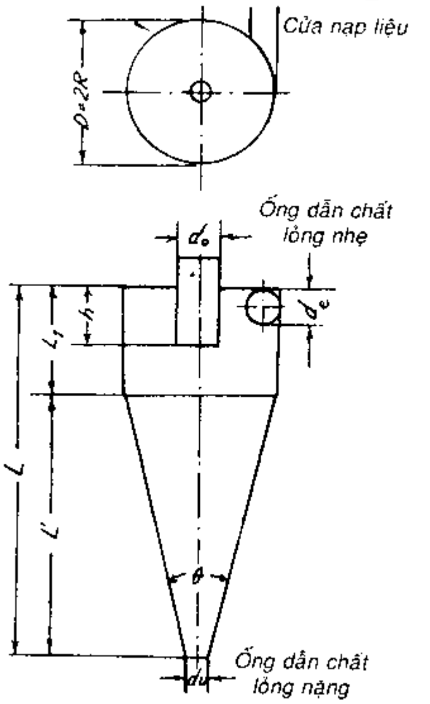
D. XICLÔN LỎNG

141. Nguyên tắc cấu tạo và phương thức làm việc của xiclôn lỏng hoàn toàn giống như xiclôn dùng để phân riêng hệ khí không đồng nhất (ở mục A).

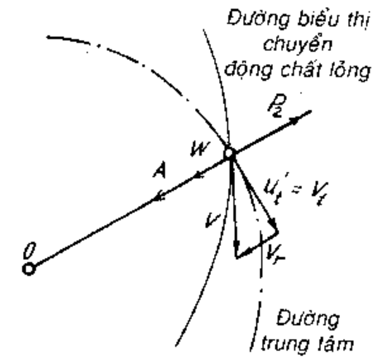
Huyền phù vào theo phương tiếp tuyến với tốc độ lớn, nên bên trong xiclôn xuất hiện dòng xoáy bền vững, ở trục là cột không khí. Sự khác biệt cơ bản giữa xiclôn lỏng với xiclôn khí là ở hiện tượng này. Sự xuất hiện cột không khí ở gần trục xiclôn là tiêu chuẩn để đánh giá sự làm việc của xiclôn lỏng. Quan hệ kích thước của ống dẫn chất lỏng nhẹ và nặng đi ra quyết định khả năng phân ly của thiết bị (hình III.88).

Nếu quan sát sự chuyển động của một hạt trong xiclôn thì chúng ta thấy tương tự như quá trình lắng:

$$P_Z = W + A$$



Hình III.88. **Quan hệ kích thước của xiclôn lỏng**



Hình III.89. **Cân bằng lực của một hạt:**
A - lực nâng; *W* - trở lực; P_Z - lực ly tâm; V - tốc độ tổng hợp; V_t - tốc độ theo phương tiếp tuyến; V_r - tốc độ theo phương bán kín

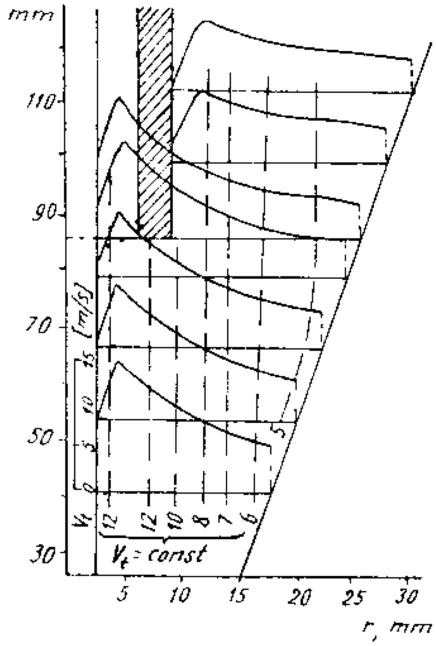
142. Dòng chuyển động trong xiclôn và sự phân bố tốc độ

Quan hệ dòng chuyển động trong một xiclôn rất phức tạp, vì vậy nên việc tính toán chính xác rất khó khăn. Hiện nay người ta vẫn chưa tìm được phương pháp tính toán quá trình chuyển động và phân ly chất lỏng của xiclôn thật chính xác mà không thông qua thực nghiệm. Nhiều nhà khoa học đã tiến hành xác định sự phân bố tốc độ trong xiclôn bằng nhiều phương pháp, nhưng nói chung vẫn chưa đạt được kết quả chính xác, vì dòng chuyển động hay bị rối loạn. Để khắc phục điểm ấy Kêlơsan đã tiến hành đo bằng cách chọn chất lỏng đồng nhất (ρ hai pha như nhau) để thí nghiệm. Với chất lỏng như vậy khả năng phân ly dưới tác dụng của lực ly tâm không xẩy ra. Ông đã tiến hành thí nghiệm với xiclôn có kích thước $D = 76{,}2$ mm; $d_1 = 16{,}0$ mm; $d_o = 12{,}7$ mm; $d_u = 3{,}2$ mm; $\theta = 20^o$, thì thấy sự phân bố tốc độ theo hình III.90.

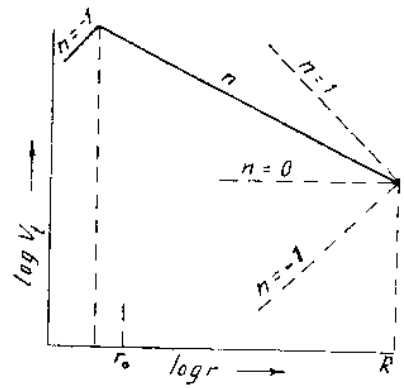
Tốc độ theo phương tiếp tuyến trong xiclôn được biểu thị theo quan hệ (hình III.91)

$$V_t . r^n = \text{const}$$

Hình III.91 biểu thị quan hệ này với *n* khác nhau. Hiện nay *n* được chọn và xem như hợp lý nhất là $n = 0{,}8$.



Hình III.90. Phân bố tốc độ theo phương tiếp tuyến



Hình III.91. Quan hệ $V_t r^n$ = const

Một số tác giả đã tìm ra những giá trị khác nhau của n và được biểu thị ở bảng III.32.

Bảng III.32

Tác giả	n
Theo Zaitô và Itô	0,61
Kêksan	0,75 – 0,84
Fônthaino và Dijdman	đến 0,9
Yôshiôka và Hôtta	0,7 – 0,9
Steiromandơ	0,5 } cho xiclôn khí
Sheferdơ và Caplê	0,5
Tơlinđên	0,52

Tương quan sự phân bố tốc độ theo phương hướng trục và hướng bán kính được biểu thị ở hình III.92, III.92 a.

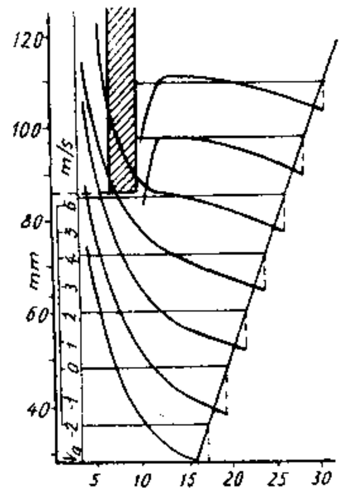
143. Tính áp suất trong xiclôn

Biểu thị dưới dạng của phương trình vi phân có:

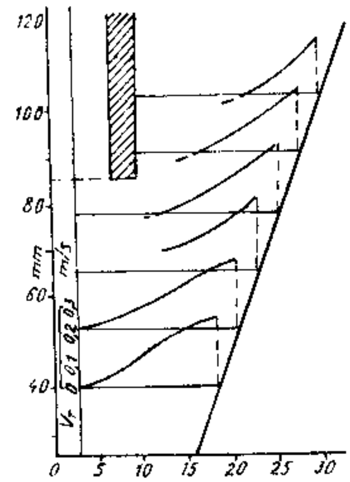
$$\frac{dp}{dr} = \frac{\rho V_T^2}{r} . \qquad \text{(III.168)}$$

a) Phương trình áp suất theo lý thuyết. Có thể biểu thị dưới dạng:

$$p = p_{(R)} + \frac{\rho}{2n} V^2_{t(R)} \left[1 - \left(\frac{R}{r}\right)^{2n}\right], \text{ at;} \qquad \text{(III.169)}$$



Hình III.92. **Phân bố tốc độ theo phương trục**



Hình III.92a. **Phân bố tốc độ theo phương bán kính**

hoặc biểu thị dưới dạng chiều cao cột chất lỏng:

$$\Delta H = H_{(R)} - H = \frac{V_{t(R)}^2}{2gn}\left[\left(\frac{R}{r}\right)^{2n} - 1\right] \quad , \text{mH}_2\text{O}. \qquad \text{(III.170)}$$

Nếu thay $r = r_0$ thì ta có phương trình hiệu số áp suất giữa thành xiclôn và cột không khí. Hiệu số áp suất này đồng thời cũng là tổn thất áp suất của xilôn:

$$\Delta p = \frac{1}{2n}\rho\alpha^2 V_v \left[\left(\frac{D}{d_0}\right)^{2n} - 1\right], \text{a}; \qquad \text{(III.171)}$$

trong đó V_v- tốc độ của nguyên liệu vào, m/s; $\alpha = V_t/V_v$- hệ số tốc độ.

Ở một số tài liệu người ta thường biểu thị tổn thất áp suất này qua đại lượng không thứ nguyên và gọi là chuẩn số áp suất

$$\xi = \frac{\Delta p/\rho}{V_v^2/2} = \frac{\alpha^2}{n}\left[\left(\frac{D}{d_0}\right)^{2n} - 1\right], \qquad \text{(III.172)}$$

α phụ thuộc vào loại và kích thước của bộ phận đưa nguyên liệu vào và dẫn nước trong ra:

$$\alpha = \frac{V_t}{V_v} = 3{,}7\,\frac{d_c}{D}.$$

Đối với những xiclôn bình thường thì $d_c = D/7$, tức $\alpha = 0{,}53$. Ngoài ra một vài tác giả đã tìm α với những giá trị khác nhau: Fônthainơ: $\alpha = 0{,}15 - 0{,}79$; Kêlơsan: $\alpha = 0{,}69 - 0{,}81$; α còn biểu thị sự phụ thuộc theo tốc độ chuyển động của dòng:

$$\alpha = K(Re)^{0,14};$$

với K là hằng số tỉ lệ.

b) Phương trình áp suất theo thực nghiệm

Nhiều tác giả trong các tài liệu khác nhau đưa ra nhiều phương trình thực nghiệm biểu thị tổn thất áp suất trong xiclôn. Ở đây ta chỉ nêu một phương trình được nhiều

người nhắc đến là phương trình của Dalostrôm:

$$\Delta H = \frac{Q^2}{(d_e d_o)^{1,8} K}, \ mH_2O\ ; \qquad (III.173)$$

hoặc $Q = (d_c d_o)^{0,9}.K\sqrt{\Delta H} = (d_c d_o)^{0,9}.K.\sqrt{\frac{\Delta p}{\rho g}}, \ m^3/s;$ (III.174)

trong đó Q- lưu lượng của xiclôn; K- hằng số phụ thuộc vào góc θ :

$\theta) = 15^0$ thì K = 9,9 $m0,7s^{-1}$

$\theta) = 20^0$ thì K = 8,5 $m0,7s^{-1}$.

Nhưng đây cũng chỉ là phương trình dùng cho một vài loại xiclôn có kích thước đặc biệt. Với các xiclôn đường kính > 15cm và cấu trúc hình học tương tự như "xiclôn bình thường" của Bradolay cũng áp dụng được phương trình trên.

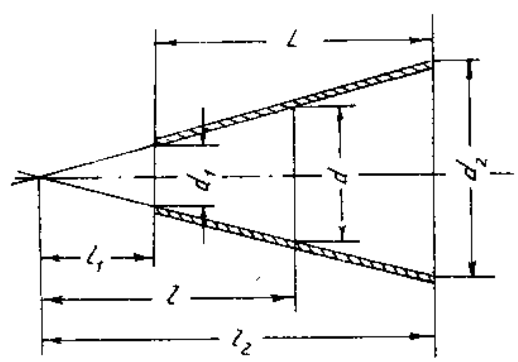
Để có thể dùng thích hợp cho các loại xiclôn thì phải điều chỉnh hằng số K. Thường người ta chia làm hai phần để tính.

Phần hình trụ:

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d}.\frac{\rho}{2}.V_n^2, \ at. \qquad (III.175)$$

Lưu lượng:

$$Q = \frac{\pi}{4}.d^2\sqrt{\frac{2.\Delta p}{\rho}.\frac{1}{\lambda}.\frac{d}{l}}, \ m^3/s. \qquad (III.176)$$



Hình III.93. **Quan hệ** $v_1 d_1^2 = v_2 d_2^2 = vd^2$

Tổn thất áp suất đối với phần hình nón (h.III.93) ta có thể tính theo các công thức sau:

- Theo Tranvinski:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} v_1^2 \lambda \frac{l}{2}\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \underbrace{\frac{d_2/d_1 + 1 + d_1/d_2}{3}}_{\xi}, \ at; \qquad (III.177)$$

trong đó d'- đường kính trung bình, thỏa mãn $\frac{\lambda(l)}{d} = \frac{\lambda}{d'} = const;$

nếu $d_1 = d_2$ thì $\xi = 1$ và phương trình trở lại dạng hình trụ;
nếu $0,5 < d_1/d_2 < 2$ thì $\xi < 1$.

$$\text{Vậy } Q \approx d_1 d_2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho g}}\, x,\ \mathrm{m^3/s}; \qquad \text{(III.178)}$$

Như vậy phương trình (III.178) trở lại dạng của phương trình của Dalơstrôm, với $x = \sqrt{\dfrac{2d'l}{\lambda.L.\xi}}$ tương ứng với K chỉ khác ở số mũ là 1 và 0,9. Qua đó ta có khả năng điều chỉnh hệ số K để vận dụng phương trình của Dalơstrôm cho mọi xiclôn.

– Theo Yôshiôka và Hôtta có phương trình thực nghiệm:

$$\frac{\Delta p}{(1/2)\rho v_v^2} = 54,3\ \frac{(d_c/D)^{2,8}}{(d_o/D)^{1,9}}; \qquad \text{(III.179)}$$

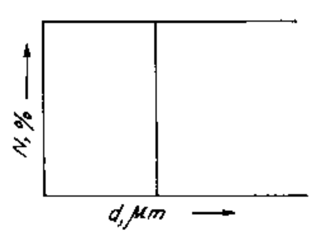
– Theo lý thuyết:

$$\frac{\Delta p}{(1/2)\rho)v_v^2} = 21,7(d_c/D)^2. \qquad \text{(III.180)}$$

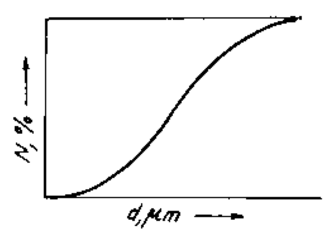
144. Sự phân ly trong xiclôn lỏng

Với tác dụng của lực ly tâm khác nhau thì xiclôn lỏng có thể dùng để phân ly huyền phù hoặc để phân loại hỗn hợp theo độ lớn của hạt.

Đường cong phân ly của xiclôn lỏng. Quá trình phân ly (hoặc phân loại) của xiclôn được biểu thị tương tự như quá trình sáng cơ học (hình III.94, III.94a).



Hình III.94. **Đường cong phân bố trong quá trình sáng:** N - thành phần giữ lại trên sàng



Hình III.94a. **Đường cong phân bố của quá trình phân loại trong xiclôn lỏng:** N - thành phần pha nặng

Nguyên nhân ảnh hưởng đến quá trình phân ly trong xiclôn:

– một phần nguyên liệu theo pha nhẹ đi ra ngoài;

– một phần không đạt được vị trí cân bằng khối lượng trong thời gian lưu lại trong xiclôn;

– những đường d = const cắt đường v_a = const với những góc khác nhau.

Ở những xiclôn nhỏ thì góc cắt bé, sự phân ly tốt hơn so với những xiclôn to (xem hình III.95).

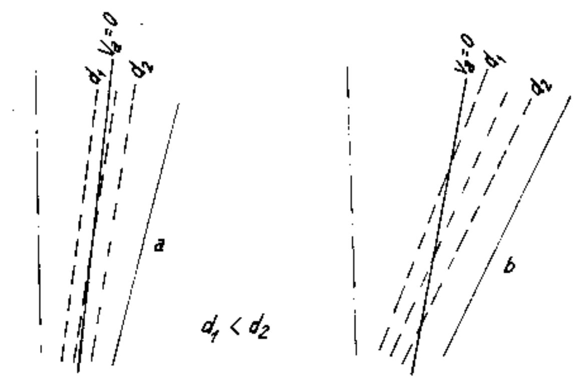
Ở những xiclôn có quan hệ d_o/d_u bé, tức sản phẩm đáy còn chứa một lượng các phần

tử nhỏ bé, lượng này không có khả năng phân ly và được gọi là "dòng chết" (hình III.96).

Đường cong này được gọi là đường cong tổng của sản phẩm đáy hoặc sản phẩm đỉnh. Đường cong này cho phép người ta xác định độ lớn phân ly. Đó chính là đường kính hạt ứng với 50% lượng phân ly gọi là d_{50}.

Phạm vi sử dụng của xiclôn lỏng được biểu thị ở bảng III.33.

145. Tính d_{50}, d_{50} là độ lớn phân ly, vì nó là đường kính trung bình của những hạt có khả năng lắng như nhau ở pha nặng và pha nhẹ:

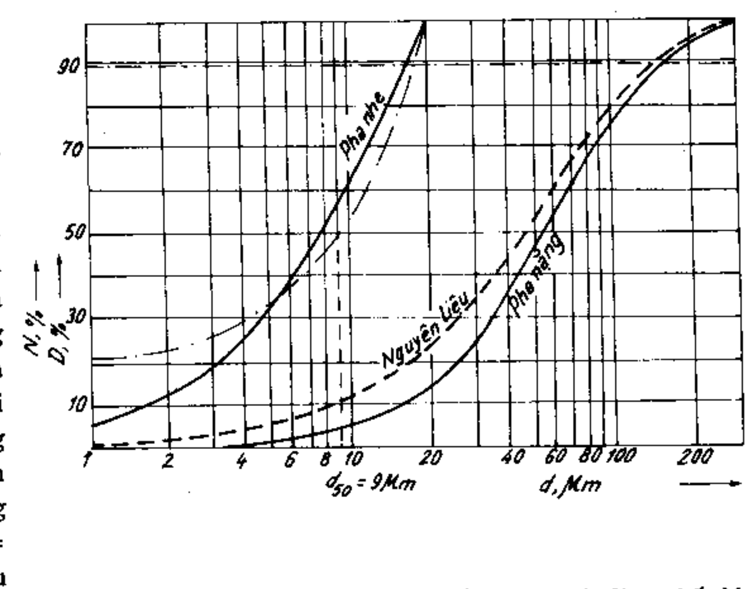


Hình III.95. **Đường biểu thị d = const, v_a = 0:**
a) xiclôn có đường kính bé và dài;
b) xiclôn có đường kính lớn và ngắn

$$d_{50} = \sqrt{\frac{9\text{tg}\,\dfrac{\theta}{2}}{4D}\,\frac{\mu.\pi.\beta}{Q(rho_1 - \rho)}.\left(\frac{2{,}3D_o}{D}\right)^n\frac{d_e^2}{\alpha}},\ \text{m.} \qquad (III.181)$$

Như vậy từ phương trình (III.181) ta thấy độ lớn phân ly d_{50} chỉ phụ thuộc vào các đại lượng hằng số vật lý, kích thước của xiclôn và lưu lượng. Từ khái niệm d_{50} cho ta những giả thiết sau đây:

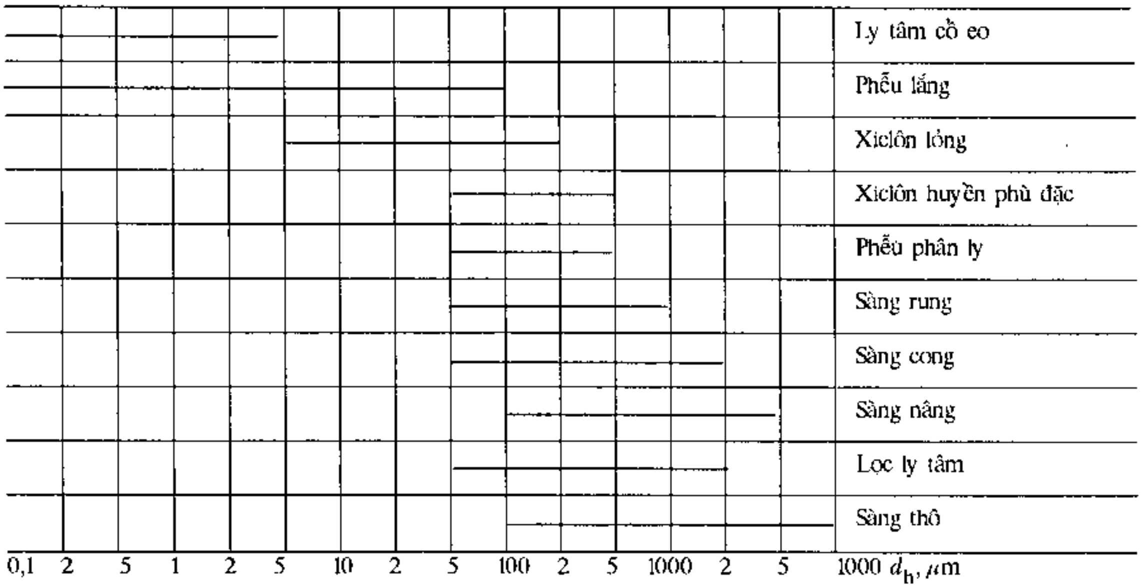
a) Tốc độ chuyển động hướng vào bên trong qua bề mặt của hình chóp tưởng tượng (khu vực bên trong của xiclôn có tốc độ giới hạn V_a = 0) thì không đổi. Đối với xiclôn mảnh (D bé) thì đường biểu diễn của V_t = const và V_a = *const* hầu như song song.



Hình III.96. **Đường cong phân ly của xiclôn với dòng chết lớn**

b) Dòng tắt từ cửa vào đến cửa ra của pha nhẹ xem như bỏ qua, mặc dầu theo Kêlơsan dòng này có 15%. Con số này thấp hơn nhiều, nếu cửa vào đặt ngang bên dưới phần hình trụ của xiclôn.

Bảng III.33. **Phạm vi sử dụng của các loại xiclôn**



Chú thích : — phạm vi sử dụng được d_h- đường kính hạt

c) Các phần tử lưu lại trong xiclôn đủ lâu để đạt được vị trí cân bằng.

d) Đường kính của chóp bằng 2,3 d_o đối với xiclôn có D = 75 mm.

e) Định luật Stôc thỏa mãn với kích thước hạt. Đối với những hạt có kích thước lớn hơn không thích hợp trong phạm vi này, cũng có thể bỏ qua, vì những phần tử này luôn luôn có khả năng lắng. Đối với những phần tử nhỏ hơn thì khi tính toán phải giả thiết theo Stôc.

f) Những điều kiện lắng theo định luật Stôc không hoàn toàn thỏa mãn biểu thị qua chuẩn số Re cho những phần tử. Những phần tử sẽ không thể lắng được ở chế độ dòng nếu dòng chuyển động của môi trường theo chế độ chảy xoáy.

146. Kích thước của xiclôn lỏng theo Ritema.

Ritema đã xác định kích thước của xiclôn lỏng theo hướng hoàn toàn khác. Những phương trình cơ bản của ông đưa ra hoàn toàn căn cứ vào thực nghiệm và chỉ thỏa mãn những điều kiện làm việc nhất định.

Từ quan hệ chung:

$$G = \frac{(\Delta p)_{tp}}{(\rho/2).v^2} = f\left(\frac{d_e}{D}, \frac{d_o}{D}, \frac{L}{D}, \frac{d_u}{D}, Re_v\right)$$

và

$$F = \frac{(\Delta p)_{tt}}{(\rho/2).v^2} = f\left(\frac{d_e}{D}, \frac{d_o}{D}, \frac{L}{D}, \frac{g_o}{g_e}, Re_v\right)$$

Ritema đã tìm được giá trị của G và F từ phương trình thực nghiệm sau:

$$F_{25000} = \frac{(\Delta p)}{(\rho/2)v^2} = \gamma\left(\frac{d_e}{d_o}\right)^n\left(\frac{D}{L}\right)^{0,7}\left(\frac{g_o}{g_o}\right)^{0,8}; \qquad \text{(III.182)}$$

trong đó G, F- hệ số áp suất; $(\Delta p)_{tp}$- áp suất toàn phần; $(\Delta p)_u$- áp suất thủy tĩnh; F_{25000}- hệ số áp suất ở giá trị Re = 25000; g_o- lượng pha nhẹ ra; g_e- lượng nguyên liệu vào.

Ở đây Ritema tiến hành thí nghiệm ở $Re = 25000$, tuy nhiên cũng có thể vận dụng ở chế độ chuyển động khác với hệ số hiệu chỉnh f. Với $Re > 800$ thì

$$F = f_{25000} \qquad \text{(III.183)}$$

Ngoài ra còn có các quan hệ:

$$F = G - 1.$$

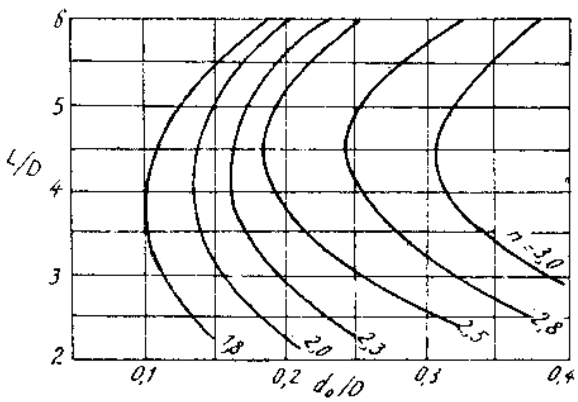
Điều đó dễ hiểu, vì: $(\Delta p)_{tp} = (\Delta p)_{tt} + (\Delta p)_{td}$

với áp suất $(\Delta p)_{td} = (1/2)\rho n_t^2$ là áp suất thủy động.

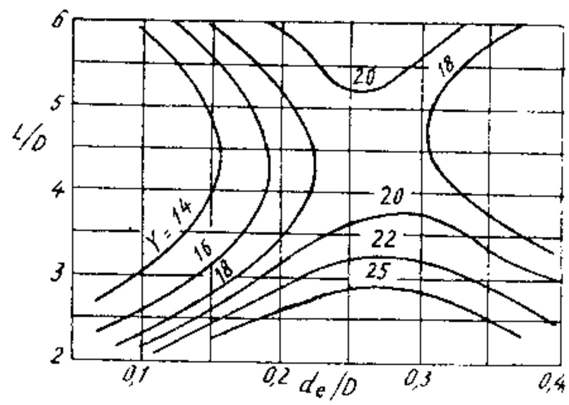
Các hệ số n', γ và f là hàm số của các đại lượng:

$$n' = \varphi_1\left(\frac{L}{D}, \frac{d_e}{D}\right); \gamma = \varphi_2\left(\frac{L}{D}, \frac{d_e}{D}\right) \text{ và } f = \varphi_3\,(Re_v)$$

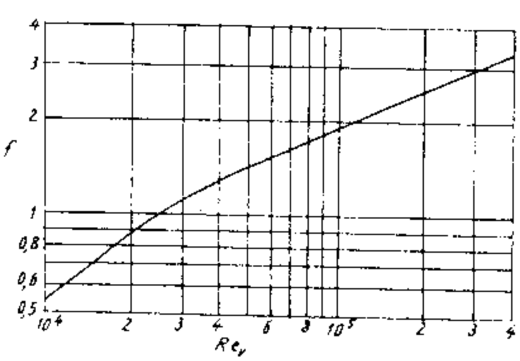
được biểu thị trên các đồ thị ở các hình III.97, III.98, III.99.



Hình III.97. $n' = \varphi_1(L/D.d_0/D)$



Hình III.98. $\gamma = \varphi_2(L/D, d_e/D)$



Hình III.99. $f = \varphi_3(Re_v)$

147. Độ lớn phân ly

Ritema đã tìm d_{50} theo phương pháp khác từ quan hệ sau:

$$\frac{d_{50}^2(\rho_r - \rho)}{\mu} L \frac{(\Delta p)_u}{\rho . Q} = \frac{72C}{\pi} . \frac{H}{d_e} \left(\frac{v_r}{v_a} L - H \right) . \qquad \text{(III.184)}$$

Đây là quan hệ không thứ nguyên. Vế phải của phương trình là quan hệ kích thước của xiclôn và quan hệ tốc độ.

Đối với xiclôn có kích thước cao trước thì biểu thức bên vế trái của phương trình (III.184) là một hằng số và Ritêma gọi là chuẩn số xiclôn.

$$C_{y50} = \frac{d_{50}^2(\rho_r - \rho)}{\mu} L . \frac{(\Delta p)_{tp}}{\rho Q}$$

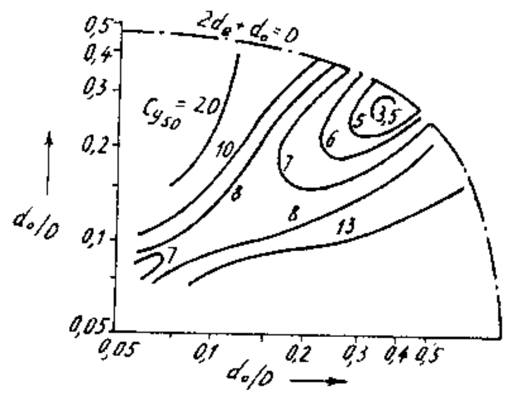
Ở đây người ta thay thế $(\Delta p)_u$ bằng $(\Delta p)_{tp}$. Như vậy sẽ có sai số nhỏ, vì:

$$\frac{(\Delta p)_{tp}}{(\Delta p)_u} = 1 + \frac{l}{F} \text{ và nhìn chung } F > 1.$$

Từ C_{y50} người ta có thể xác định d_{50} dễ dàng. Song không có khả năng xác định qua tính toán C_{y50} choc ác loại xiclôn. Tuy nhiên cũng có thuận tiện là đối với một loại xiclôn xác định người ta có thể tính C_{y50} qua thực nghiệm.

Đối với xiclôn có quan hệ kích thước cho trước $L/D \approx 5$; $d_e/D = 0{,}28$; $d_o/D = 0{,}34$ và $l_1/D = 0{,}4$ thì $C_{y50} = 3{,}5$. Thí nghiệm với tỉ số khác thu được $C_{y50} = 3{,}4 - 5{,}8$, tối đa bằng 22.

Tổng hợp giá trị C_{y50} của một vài tác giả trong những điều kiện xác định được nêu ở bảng III.34, và sự phụ thuộc của C_{y50} vào tỉ số d_e/D và d_o/D với quan hệ $L/D = 5$ biểu thị ở hình III.100.



Hình III.100. $C_{y50} = f(d_o/D . d_e/D)$ với $L/D = 5$

Bảng III.34. Giá trị của C_{y50}

Tác giả	D, mm	L, mm	d_e, mm	d_o, mm	μ, cP	$\Delta\rho$, g/cm^3	$(\Delta p)_{tp}$, at	d_{50}, μm	C_{y50}
Ritema	75	396	20	25	1,1	1,6	0,3	14	3,4
	75	396	20	25	1,17	1,6	1,8	10	4,5
	75	396	20	25	0,63	0,8	2,9	8	3,6
Kêlosan	75	228	16	6,4	1	0,18	1,8	34	22
	75	228	6,4	4,8	1	0,18	1,68	13,5	6,2
Dalostrôm	230	870	52,5	62,0	1	1,6	0,42	21	4,2
	230	870	22,2	50,8	1	1,6	2,33	12,5	11,3

Như vậy Ritema nêu lên rằng từ đại lượng C_{y50} cũng có thể xác định được kích thước của xiclôn. Ví dụ có thể xác định kích thước của xiclôn nếu biết những điều kiện làm việc sau đây:

– tổn thất áp suất toàn phần $(\Delta p)_{tp}$;

– lưu lượng toàn bộ (tổng lưu lượng nếu là xiclôn tổ hợp) Q_{tb};

– độ lớn phân ly d_{50};

– khối lượng riêng ρ và độ nhớt động lực μ của pha lỏng và pha rắn. Xác định chuẩn số Râynôn Re_v:

$$Re_v = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{L}{d_c} \cdot \frac{1}{C_{y50}} \cdot \frac{d_{50}^2(\rho_r - \rho)}{\mu} \cdot \frac{(\Delta p)_{tp}}{\mu}$$

Lấy giá trị của chuẩn số xiclôn thích hợp nhất (theo Ritema): $C_{y50} = 3{,}5$; với $L/D = 5$ và $d_c/D = 0{,}28$ thì:

$$Re_v = 6{,}5 \cdot \frac{d_{50}^2(\rho_r - \rho)}{\mu} \cdot \frac{(\Delta p)_{tp}}{\mu}$$

Từ giá trị Re_v và hệ số áp suất G người ta có thể xác định được kích thước, nhưng việc tính toán rất rườm ra. Để đơn giản hơn người ta vận dụng đồ thị (h.III.101). Trong đó

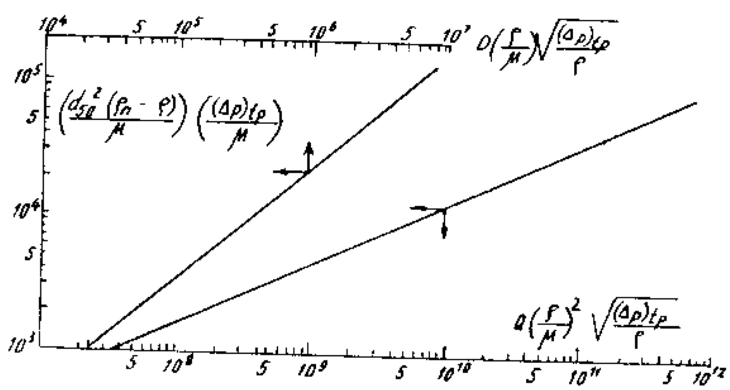
$$\frac{Re_v}{6{,}5} = \frac{d_{50}^2(\rho_r - \rho)}{\mu} \frac{(\Delta p)_{tp}}{\mu}$$

phụ thuộc vào hai quan hệ không thứ nguyên:

$$\frac{D}{d_c} Re_v \sqrt{\frac{G}{2}} = D \frac{\rho}{\mu} \sqrt{\frac{(\Delta p)_{tp}}{\rho}}$$

và

$$\frac{\pi}{4} Re_v^2 \sqrt{\frac{G}{2}} = Q \left(\frac{\rho}{\mu}\right)^2 \sqrt{\frac{(\Delta p)_{tp}}{\rho}}$$



Hình III.101. **Xác định kích thước của xiclôn theo Ritema**

Từ đây người ta có thể xác định đường kính D và lưu lượng Q cho mỗi xiclôn. Với một tổ hợp xiclôn có lưu lượng toàn bộ là Q_{tb} thì số xiclôn thành phần sẽ là:

$$n = Q_{tb}/Q.$$

trong đó Q - lưu lượng của mỗi xiclôn nhỏ trong tổ hợp.

148. Cấu tạo và chế độ làm việc của xiclôn lỏng

- Các tỉ lệ kích thước trong cấu tạo xiclôn. Phần trên đã nêu lên nguyên tắc làm việc và cách tính toán các loại xiclôn. Hiện nay nhiều nhà nghiên cứu đang tìm những quan hệ thích hợp giữa các kích thước của xiclôn (như cửa tháo sản phẩm và nạp liệu) để phân biệt loại xiclôn làm việc tốt hay bình thường. Sau đây chúng tôi nêu một vài quan hệ trong đó đường kính của xiclôn là một đại lượng biến thiên.

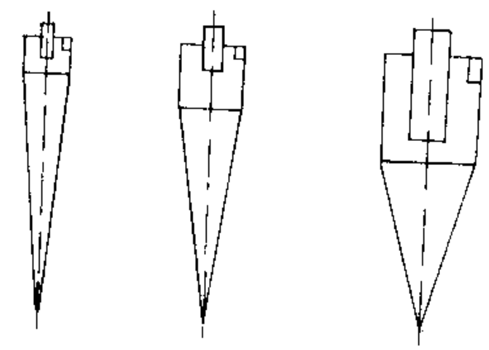
Bảng III.35

	Kitema	Boadolay	Kizobego
d_e	$\frac{D}{3,6}$	$\frac{D}{7}$	$\frac{D}{8}$
d_o	$\frac{D}{2,9}$	$\frac{D}{5}$	$\frac{D}{4}$

Ở đây kích thước tiết diện của nước trong ra và cửa pha nặng ra của hầu hết các xiclôn đều có thể điều chỉnh được. Quan hệ $L/D = 5$ mà Ritema đã tìm có thể xem như thích hợp cho một vài loại xiclôn dùng để lắng trong hoặc lọc. Đối với quá trình phân ly thì Ritema tìm ra các quan hệ:

$$L/D = 2,5;\ d_e/D = 0,14;\ d_o/D = 0,15.$$

Quá trình lắng trong thì cần góc nghiêng nhỏ ($\theta \approx ^o$), xiclôn bình thường thì góc nghiêng khoảng $15^o \le \theta \le 20^o$. Quá trình phân ly và rửa sạch thì cần góc nghiêng $\theta \ge 20^o$ (hình III.102).



Hình III.102. **Độ nghiêng của xiclôn lỏng**

Xiclôn có kết cấu đặc biệt

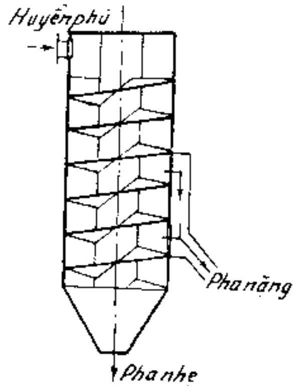
Bên cạnh xiclôn bình thường còn có loại xiclôn có kết cấu đặc biệt. Một phần của loại này được sử dụng trong thực tế, còn một phần chỉ một công bố mà chưa được sử dụng.

- Xiclôn xoắn ốc được dùng trong phòng thí nghiệm, để định hướng các dòng chuyển động mà bình thường không thể khống chế được nếu thiếu cấu tạo xoắn ốc (hình III.103).

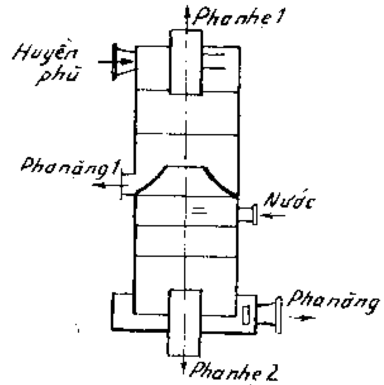
- Xiclôn phân ly thành ba sản phẩm đồng thời đã được dùng trong các viện nghiên cứu, song loại xiclôn này chưa được dùng trong thực tế sản xuất hình III.104).

- Xiclôn hình cầu nói chung không có lợi hơn so với xiclôn tiêu chuẩn, song nó được coi như là công trình thực nghiệm (hình III.105).

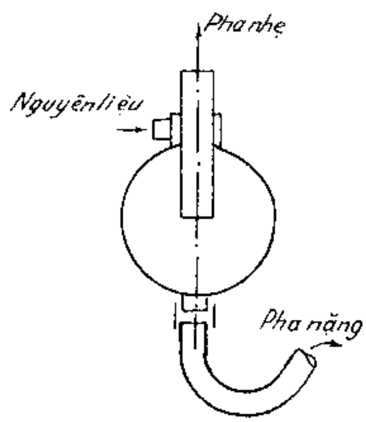
- Xiclôn ly tâm là công trình nghiên cứu của Doro. Cấu tạo của nó gần giống như xiclôn bình thường, song nó đúng một bơm để tạo dòng cần thiết trong xiclôn. Qua đó thiết bị dễ bị phá hủy, nhưng nó có ưu điểm là kết cấu đơn giản, và hiện nay được dùng



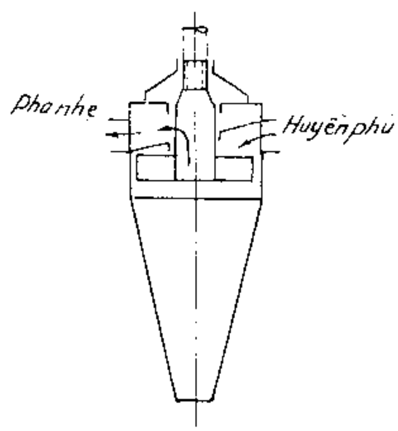
Hình III.103. Xiclôn xoắn ốc



Hình III.104. Xiclôn phân ly thành ba sản phẩm



Hình III.105. Xiclôn hình cầu



Hình III.106. Xiclôn ly tâm

trong sản xuất ở một số nước (hình III.106).

– Ngoài ra còn có một số loại xiclôn gần giống như xiclôn tiêu chuẩn. Loại này tạo được dòng xoáy vững chắc và dòng chuyển động hợp lý trong xiclôn. Ở Ba Lan đã thiết kế loại xiclôn có hai cửa nạp liệu vào đối diện nhau theo phương tiếp tuyến. Ưu điểm của loại này tạo được dòng xoáy ổn định, ít bị rối, cột không khí trong xiclôn theo kiểu kết cấu này hợp lý hơn (hình III.107). Để cho dòng pha nhẹ ra ổn định xiclôn có kết cấu thêm một đoạn hình trụ (hình III.108).

– Xiclôn tổ hợp cho phép tăng hiệu suất phân ly và tăng năng suất (hình III.109).

Bảng III.36 dưới đây nêu các thông số về kích thước, áp suất, tốc độ và lưu lượng của xiclôn theo Travinski.

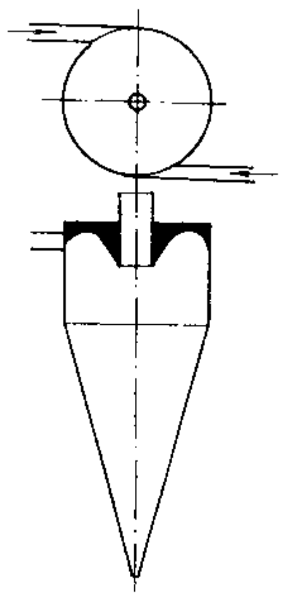
Ngoài nguyên tắc ghép song song hàng loạt xiclôn nhỏ thành xiclôn tổ hợp, trong thực tế sản xuất người ta còn mắc nối tiếp nhiều xiclôn với nhau như ở hình III.110, III.110a.

Trong các nhà máy, xiclôn được dùng kết hợp với sàng nghĩa là sau quá trình phân ly ta tiến hành quá trình phân loại. Ví dụ như công trình tách cát hai cấp từ vữa của Đoroxlon được biểu thị trên hình III.111.

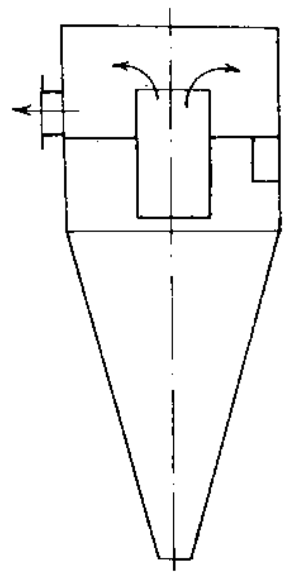
Bảng III.36. Kích thước của xiclôn theo Travinski

D, mm	d_c, mm	d_o, mm	p, mH_2O	V_{tmax}, m/s	V_{tmin}, m/s	Q, m^3/h	$Z = \sqrt{Z_{min} Z_{max}}$	Z_{max}
10	2	2	40	28	12,5	0,14	16000	80000
25	5	5	30	24,5	11	0,77	4800	24000
50	10	10	20	20	9	2,5	1600	8000
100	20	20	10	14	6,3	7,2	400	2000
200	40	40	5	10	4,5	20,5	100	500
500	100	100	2,5	7	3,2	90,0	20	100

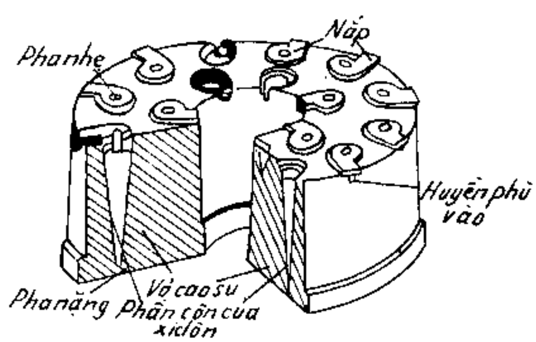
Chú thích : Z_{max} - đo gần d_o ; Z_{min} - trong phạm vi huyền phù vào.



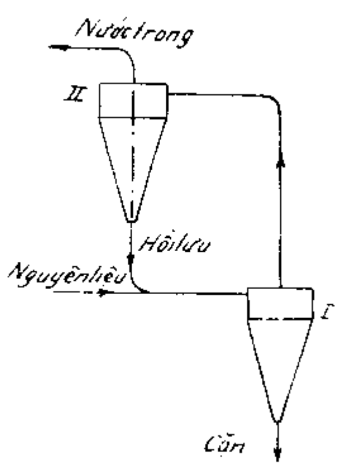
Hình III.107. Xiclôn theo kiểu Ba Lan



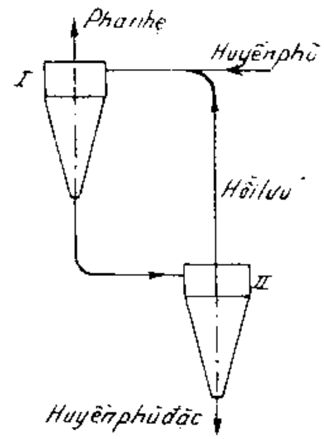
Hình III.108. Xiclôn với đoạn ống hình trụ nối ống ra của pha nhẹ



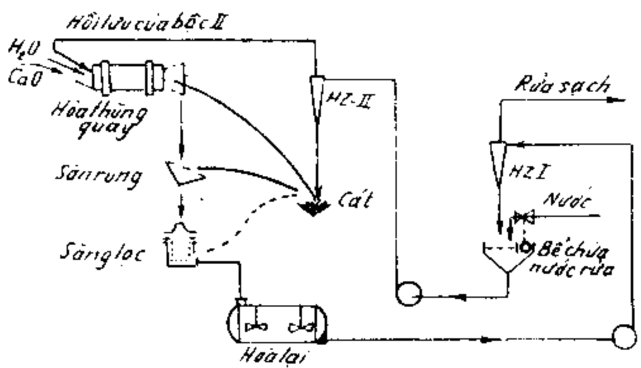
Hình III.109. Xiclôn tổ hợp



Hình III.110. Lắng hai bậc



Hình III.110a. Làm tăng nồng độ hai bậc



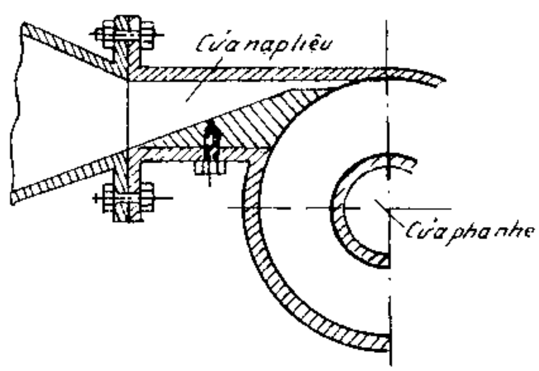
Hình III.111. Công trình tách cát từ vữa theo Doroxlon

Điều chỉnh chế độ làm việc của xiclôn

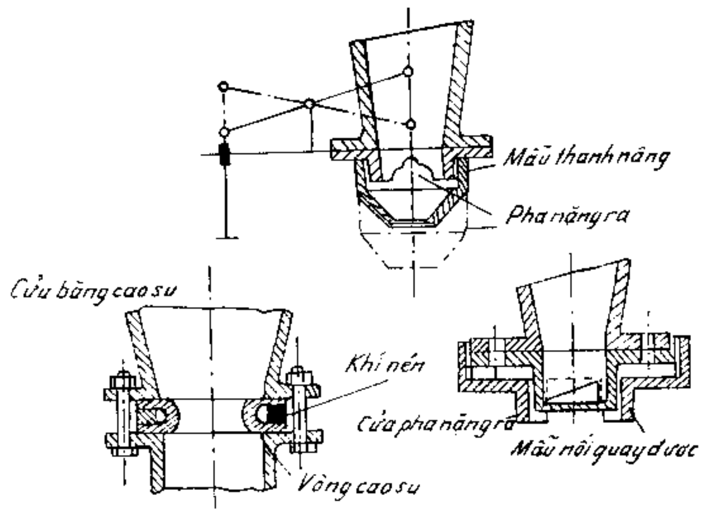
Quá trình làm việc của xiclôn có thể thay đổi qua sự thay đổi của các cửa.

Thay đổi cửa nạp liệu làm cho tốc độ v_c thay đổi, muốn thế cửa nạp liệu có kết cấu ống vuông hẹp dần (hình III.112). Cũng có thể trong một xiclôn làm nhiều cửa nạp liệu theo yêu cầu riêng.

Ngoài ra người ta còn có thể thay đổi cửa ra của sản phẩm (hình III.113 biểu thị ba phương án thay đổi kích thước cửa ra của pha nặng).

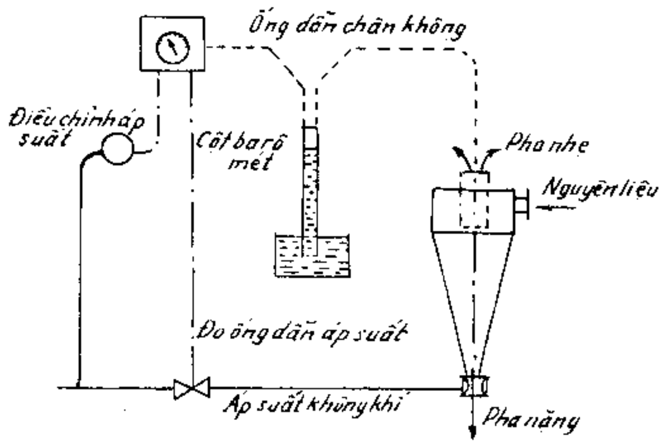


Hình III.112. Dạng cửa nạp liệu



Hình III.113. **Cửa ra của pha nặng điều chỉnh được**

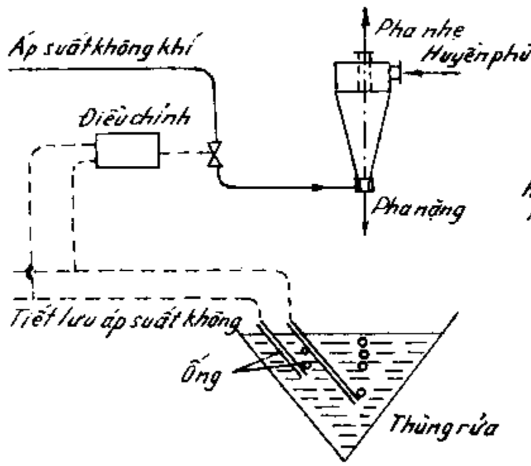
Một khả năng nữa để điều chỉnh các cửa ra, vào của xiclôn là hút chân không bên trong thiết bị (hình III.114), qua đó có thể thay đổi thành phần rắn trong pha nặng, điều chỉnh cửa ra của pha nặng.



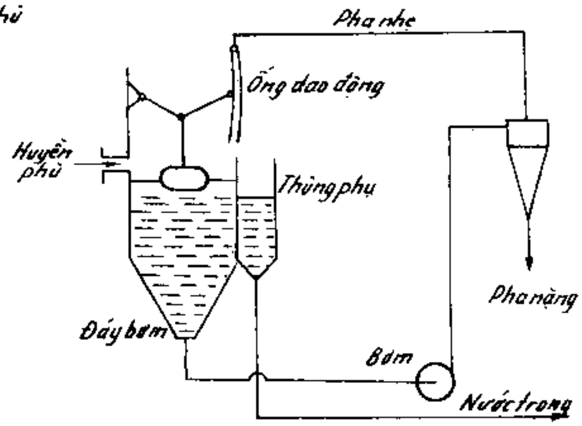
Hình III.114. **Điều chỉnh tự động cửa ra của pha nặng**

Hoặc một khả năng khác cũng điều chỉnh tự động cửa ra của pha nặng theo Krizoman biểu thị ở hình III.115 cho loại xiclôn làm tăng nồng độ huyền phù.

Ngoài ra còn có phương pháp đơn giản nhất là điều chỉnh lưu lượng (xem hình III.116).



Hình III.115. Điều chỉnh tự động cửa ra của pha nặng



Hình III.116. Khả năng điều chỉnh lưu lượng

CHƯƠNG IV. KHUẤY TRỘN CHẤT LỎNG

§1. Khái niệm

Khuấy trộn trong môi trường lỏng thường được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp hóa chất, thực phẩm để tạo dung dịch huyền phù, nhũ tương để tăng cường các quá trình truyền nhiệt, chuyển khối, phản ứng hóa học v.v. Người ta có thể khuấy trộn chất lỏng bằng cơ khí, bằng khí nén (sục khí) hoặc bằng tiết lưu hay tuần hoàn chất lỏng. Phạm vi ứng dụng của một vài loại cánh khuấy (khuấy trộn bằng cơ khí) như sau:

- Cánh khuấy mái chèo: để khuấy trộn chất lỏng có độ nhớt nhỏ, thường dùng để hòa tan chất rắn có khối lượng riêng không lớn lắm.

- Cánh khuấy chân vịt: để điều chế huyền phù, nhũ tương. Loại cánh khuấy này dùng không thích hợp đối với chất lỏng có độ nhớt cao hoặc khuấy trộn hỗn hợp, trong đó pha rắn có khối lượng riêng lớn.

- Cánh khuấy tuốc bin: để khuấy chất lỏng có độ nhớt cao ($\mu = 5.10^5$ cP), để điều chế huyền phù mịn, để hòa tan nhanh chất rắn hoặc để khuấy trộn chất lỏng đã lắng cặn có nồng độ pha rắn đến 80%.

- Cánh khuấy đặc biệt: dùng trong trường hợp không thể dùng các loại cánh khuấy trên. Loại này dùng để khuấy bùn nhão hoặc chất lỏng có độ nhớt rất cao.

Đặc trưng của quá trình khuấy trộn là cường độ khuấy và năng lượng tiêu tốn.

1. Trong thực tế khi đánh giá một máy khuấy người ta thường chú ý những yếu tố sau đây:

- chọn cách khuấy;
- thời gian khuấy;
- công suất tiêu tốn,
- số vòng quay;
- độ lớn của bề mặt truyền nhiệt.

Các loại cánh khuấy hay được dùng trong công nghiệp là:

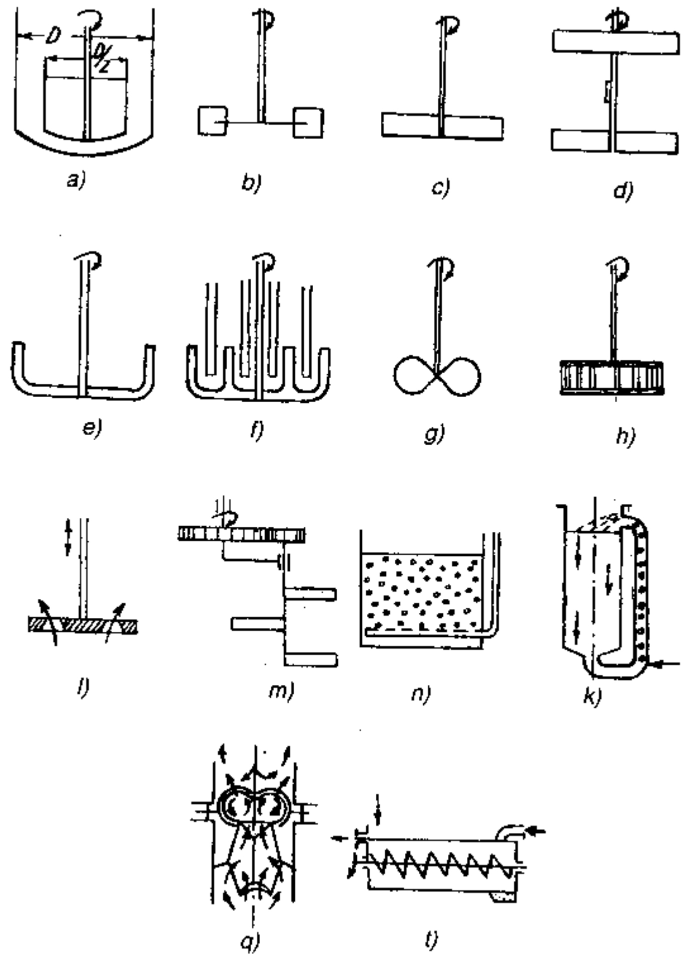
- loại tấm, loại mái chèo bản
- loại mái chèo hai thanh, và mái chèo có thanh đặt chéo } được dùng khi số vòng quay nhỏ
- loại mỏ neo (chữ U), mỏ neo ghép
- loại chân vịt
- loại tuốc bin } được dùng khi số vòng quay lớn

Các kiểu cánh khuấy được biểu thị ở hình IV.1.

Mỗi một kiểu cánh khuấy khi làm việc sẽ tạo ra dòng chuyển động khác nhau. Sự chuyển động của chất lỏng có thể xem ở h. IV.2:

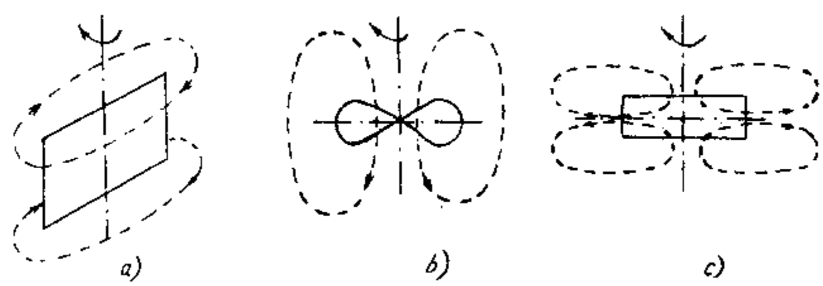
- theo phương tiếp tuyến (a);
- theo phương chiều trục (b);
- theo phương bán kính (c).

2. Bán kính của phạm vi chất lỏng được khuấy trộn trong bể khuấy được gọi là "bán kính tác dụng" R_0. Mỗi loại cánh khuấy có bán kính tác dụng khác nhau, theo Fausto thì bán kính tác dụng của cánh khuấy kiểu tuốc bin và chân vịt được xác định theo công thức:



Hình IV.1. **Các loại cánh khuấy:**

a) Loại tấm (bản) $\mu < 50$ cP, $n \approx 20 - 80$ vg/ph; b) mái chèo bản; c) mái chèo hai thanh thẳng $\mu < 50$ cP; $n \approx 20 - 80$ vg/ph; d) mái chèo thanh đặt chéo $\mu < 500$ P; e) mỏ neo (chữ U) $\mu = 10 - 1000$ P; f) mỏ neo ghép; g) chân vịt $\mu < 80$ P; $n = 400 - 1800$ vg/ph; h) tuốcbin kín $\mu < 150$ P; l) loại đĩa rung động; m) loại mái chèo có truyền động hành tinh; n) sục khí; k) sục khí tuần hoàn; q) máy trộn loại ống loa; t) loại vít xoắn nằm ngang



***Hình IV.2.* Hướng chuyển động chính của dòng chất lỏng trong khi khuấy**

$$R_o \approx a.0{,}15\sqrt{\frac{N.747}{\mu.0{,}00211}}\ , \text{m}; \qquad \text{(IV.1)}$$

trong đó N- công suất cánh khuấy, kW; μ- độ nhớt chất lỏng, cP.

Hệ số a biểu thị tổn thất do ma sát và có giá trị như sau:

Loại chân vịt đặt theo phương chiều trục a = 0,50

Loại chân vịt đặt vuông góc với trục: a = 0,15

Loại tuôcbin đặt theo phương chiều trục a = 0,20

Loại tuôcbin đặt vuông góc với trục a = 0,30.

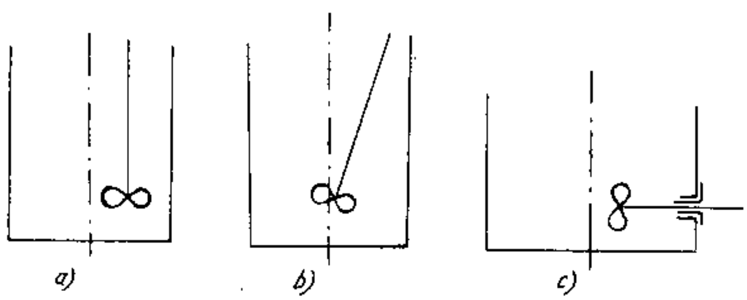
3. Lõm xoáy parabon

Dòng chất lỏng chuyển động trong thùng khuấy có ảnh hưởng nhiều đến quá trình khuấy. Qua thực tế người ta nhận thấy rằng, dòng chuyển động theo phương chiều trục (lên xuống) thích hợp cho quá trình hòa tan của chất rắn, và dòng chuyển động theo phương bán kính (qua lại) thích hợp cho quá trình trộn khí với lỏng hoặc lỏng với nhau. Đối với dòng chuyển động theo phương bán kính đặc biệt chú ý đến ảnh hưởng của sự khác nhau về độ nhớt giữa hai chất lỏng (như mật và nước).

Trong quá trình khuấy người ta thường thấy xuất hiện nhiều chỗ xoáy lớn trên bề mặt và chuyển động trộn của chất lỏng đôi khi bị hạn chế là do sự mất mát năng lượng nhiều và sự tạo bọt trong khi khuấy. Lõm xoáy parabon hình thành và tồn tại sẽ làm giảm lực khuấy trộn, đôi khi còn có tác dụng ngược lại là làm xuất hiện khả năng phân ly (tác dụng lực ly tâm).

Để tránh khả năng tạo thành lõm xoáy parabon trong thùng khuấy người ta thường dùng những phương pháp sau.

a) Đặt lệch tâm cánh khuấy vào bể khuấy, đặt nghiêng hoặc nằm ngang (ví dụ cánh khuấy chân vịt hình IV3).



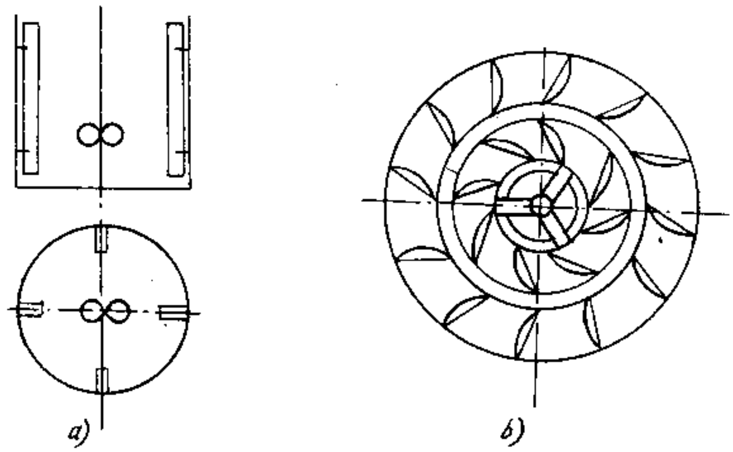
Hình IV.3. **Cách đặt cánh khuấy trong thùng khuấy:**
a) đặt lệch tâm; b) đặt nghiêng; c) đặt ngang

b) Ghép thanh chắn trong thùng khuấy

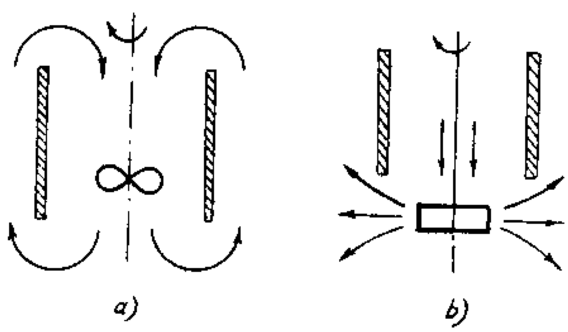
– Ghép thanh chắn ở thành thùng. Thanh ghép có thể từ 2 đến 6 chiếc, chiều rộng mỗi thanh bằng 1/10 đến 1/15 đường kính thùng. Lắp cách thành thùng từ 2 đến 4 cm, chiều dài của thanh ít nhất gấp hai lần đường kính cánh khuấy.

– Vòng cản (hình IV.4).

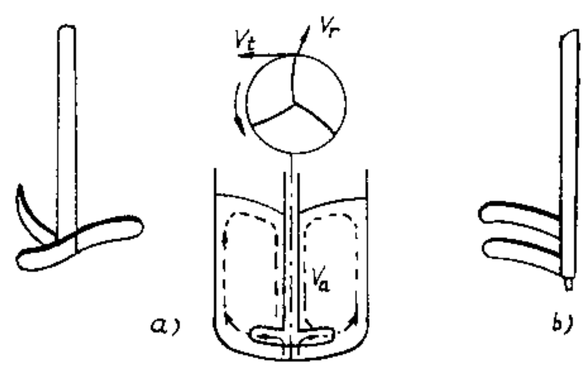
– Thanh rối dòng. Dùng cho cánh khuấy tuôcbin ba bản (h.IV5)



Hình IV.4. **Thanh chắn và vòng cản:** a) thanh chắn; b) vòng cản



Hình IV.5. **Cánh khuấy cùng với thanh rối dòng:**
a) chân vịt; b) tuôcbin



Hình IV.6. **Vòng ống trong bể khuấy:** a) chận vịt; b) tuôcbin

– Các ống thẳng đứng đặt trong thùng (ống dẫn chất lỏng, nhiệt kế, v.v.).

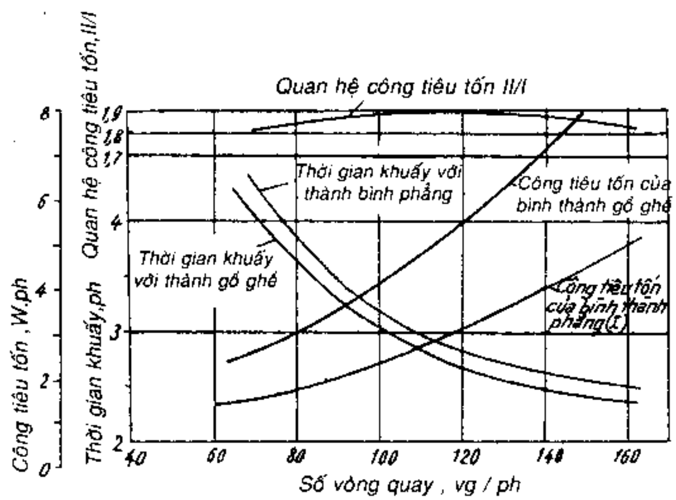
– Các vòng ống. Loại này thích hợp cho các bể sâu. Đường kính của vòng ống này chiếm khoảng 71% đường kính bể (hình IV.6).

Quá trình truyền nhiệt cũng đóng vai trò quan trọng, do đó khi thiết kế máy khuấy người ta không thể bỏ qua. Song trên quan điểm khuấy trộn ta chỉ đề cập đến dạng khuấy dùng thích hợp nhất.

§2. Xác định dạng cánh khuấy thích hợp nhất qua thực nghiệm

4. Theo yêu cầu sản xuất chúng ta cần phải chọn loại cánh khuấy thích hợp nhất. Quá trình chọn là quá trình đúc kết kinh nghiệm qua thực tế hoặc qua quá trình tiến hành thí nghiệm. Thường người ta tiến hành thí nghiệm ở những bình khuấy có thể tích lớn hơn 40 lít. Qua đó người ta sẽ xác định được thời gian khuấy và công suất tiêu tốn là hàm số của số vòng quay (hình IV.7).

Nếu gọi A_o là công tiêu tồn của một loại cánh khuấy nhất định, thì A/A_o (A là công tiêu tốn của một kiểu cánh khuấy bất kỳ) sẽ không phụ thuộc vào số vòng quay trong cùng một điều kiện làm việc. Người ta gọi A/A_o là "tỉ số công tiêu tốn" hoặc "công tiêu tốn có liên quan". Theo quan điểm kinh tế thì đánh giá theo tỉ số này là tốt nhất. Hình IV.8 (ví dụ sự hòa tan của muối với nồng độ khác nhau) chỉ ra giá trị tỉ số công tiêu tốn của từng loại cánh khuấy và bình khuấy có dạng khác nhau đối với loại cánh khuấy mái chèo bản trong bình phẳng hình trụ, đáy bằng có công tiêu tốn A_o = 1.



Hình IV.7. **Biểu thị công tiêu tốn và thời gian khuấy theo số vòng quay**

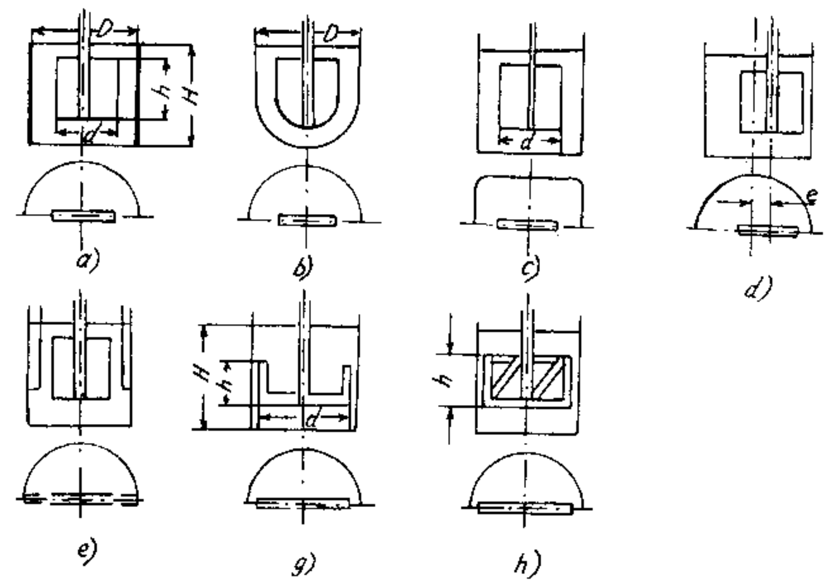
Qua đây ta thấy loại mỏ neo (chữ U) có công tiêu tốn lớn hơn loại tấm (bản) rất nhiều. Song số liệu này chỉ thỏa mãn trong điều kiện hòa tan muối, nếu dùng trong trường hợp khác thì các quan hệ trên có thể khác đi.

5. Công suất máy khuấy

– Công suất làm việc

Ta biết rằng một vật muốn chuyển động được trong chất lỏng đứng yên cần phải thắng được lực ma sát và lực quán tính. Khi quay nhanh thì ảnh hưởng của lực quán tính phải được đặc biệt chú ý đến. Theo phương trình của Niutơn thì trở lực của một vật trong chất lỏng chuyển động được biểu thị theo công thức:

$$P = \phi_1 . F \frac{w^2}{2} \rho_1, \text{ N};$$



Hình IV.8. **Công tiêu tốn theo cánh khuấy và bình khuấy khác nhau:**
a) loại tấm (bản) $A/A_o = 1$, b) loại tấm (bản) $A/A_o \approx 0{,}6$; c) loại tấm (bản) $A/A_o = 3$, d) loại tấm đặt lệch tâm: $c = 0{,}15D$; $A/A_o = 7{,}6$; e) loại tấm có thanh chắn $A/A_o = 3{,}4$; g) loại mỏ neo $A/A_o = 28{,}4$; h) loại khung lưới $A/A_o = 20{,}8$

trong đó P- trở lực, N; ϕ- hệ số trở lực, F- diện tích hình chiếu của vật theo phương vuông góc với hướng chuyển động, m^2; w- tốc độ chuyển động, m/s; ρ- khối lượng riêng chất lỏng, kg/m^3.

Hệ số trở lực ϕ_2 phụ thuộc vào tỉ số hình học của cánh khuấy và thùng khuấy, diện tích chất lỏng bao quanh trong thùng, trạng thái chuyển động và tính chất của chất lỏng.

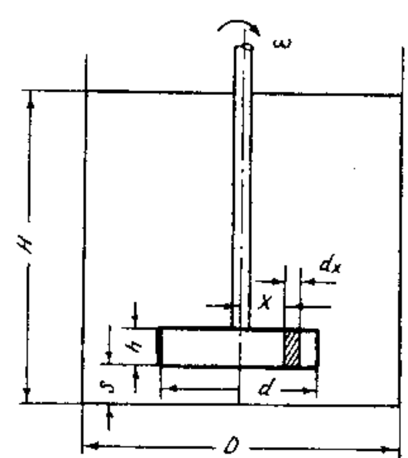
Đối với chất lỏng nhớt (chất lỏng Niutơn) thì ϕ_1 là hàm của chuẩn số Râynôn và chuẩn số Frut:

$$\phi_T = f\left(\frac{w.l\rho_1}{\mu}\cdot\frac{w^2}{g.l}\right);$$

trong đó l- chiều dài của vật cản, m; ρ_1- khối lượng riêng của chất lỏng kg/m^3; μ- độ nhớt của chất lỏng, N.s/m^2; g- gia tốc trọng trường, m/s^2.

Chuẩn số Fr chỉ được tính đến khi mặt thoáng chất lỏng không còn ở dạng phẳng do ảnh hưởng của tốc độ quay.

Đối với trường hợp khuấy trộn người ta có thể biểu thị Re_k và Fr_k theo quan hệ sau:



Hình IV.9. **Để xác định công suất làm việc**

$$Re_k = \frac{\rho.n.d^2}{\mu} \quad \text{và} \quad Fr_k = \frac{n^2.d}{g} \ .$$

Để vượt qua trở lực của chất lỏng cần có công suất (chứng minh qua phần từ rất nhỏ):

$$N = \int dN = \int dP.w.$$

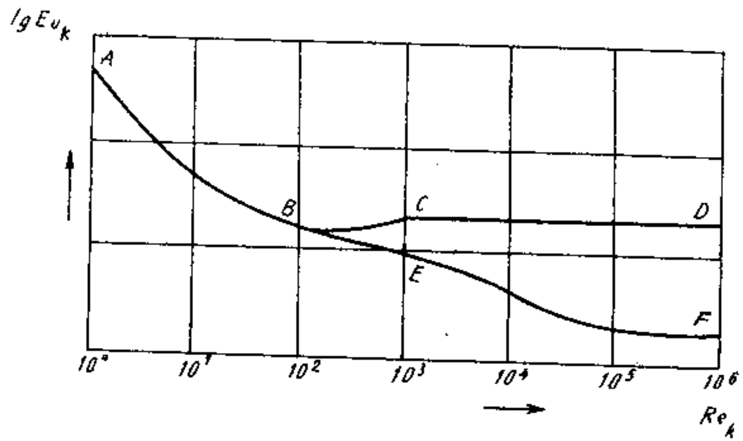
Công suất tiêu tốn sẽ là:

$$N = \zeta_k.n^3.d^5.\rho; \text{ W.} \qquad \text{(IV.2)}$$

trong đó ζ_k - hệ số không thứ nguyên, có dạng của chuẩn số Eu, nó biểu thị tính đồng dạng về thủy lực dưới ảnh hưởng của áp suất. Qua thực nghiệm ta có:

$$N = \zeta_k = Ett_k = \frac{N}{n^3.d^5.\rho} = A.Re_k^m.Fr^p \ ; \qquad \text{(IV.2a)}$$

trong đó A, m và p- những hằng số và được xác định bằng thực nghiệm. Chúng phụ thuộc vào kích thước cánh khuấy, mức chất lỏng, dạng bình khuấy, độ nhẵn của thành bình v.v. Hình IV.10 biểu thị quan hệ giữa Eu_k và Re_k.



Hình IV.10. lg $Eu_k = f(Re_k)$

Từ hình vẽ ta thấy rằng, ngoài đoạn EF, các đoạn khác được biểu thị khi mặt chất lỏng phẳng, do đó bỏ qua ảnh hưởng của Fr, tức là $p = 0$, vì vậy quan hệ trên sẽ có dạng của phương trình đường thẳng (quan hệ lôgarit), A là điểm cắt giữa đường biểu diễn với trục tung tại $Re_k = 1$, m là độ nghiêng của đường thẳng. Công tiêu tốn cho từng trường hợp cụ thể như sau:

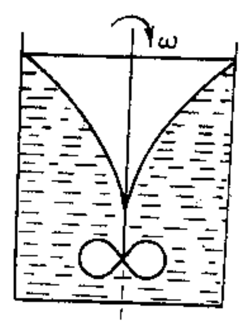
– Chuyển động dòng ($Re_k < 20$) ứng với đoạn AB. Khi đó thực tế $m = -1$, $p = 0$, do đó phương trình có dạng:

$$N = A.n^2.d^3.\mu, \text{ W} \qquad \text{(IV.3)}$$

– Nhánh BC và BE biểu thị giai đoạn từ chảy quá độ chuyển sang chảy xoáy. Đối với phạm vi này quan hệ giữa m và p rất phức tạp, không có ý nghĩa lắm trong thực tế, nên chúng ta không cần lưu tâm đến.

– Nhánh CD đặc trưng toàn bộ phạm vi chảy xoáy. Cũng như khi mặt chất lỏng phẳng, do đó $m = p = 0$ (đường thẳng nằm ngang) và công suất tiêu tốn trong phạm vi này là:

$$N = A.n^3.d^5.\rho, \text{ W;} \qquad \text{(VI.4)}$$



Hình IV.11. Lõm parabon trong bình khuấy

trong đó A - hệ số; n- số vòng quay, vg/s; d- đường kính cánh khuấy, m; ρ- khối lượng riêng chất lỏng, kg/m^3.

– Đoạn EF thỏa mãn điều kiện trung bình xuất hiện cột xoáy parabon lồi (hình IV.11).

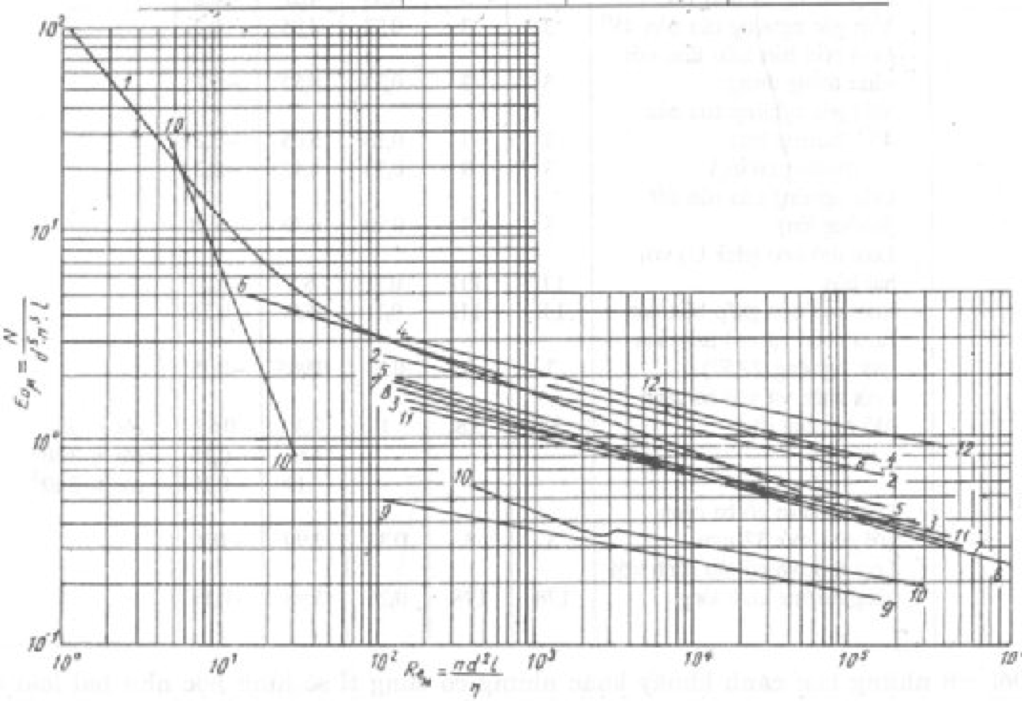
Với $Re_k > 300$ thì $m = 0$; $p = \dfrac{a - \lg.Re_k}{b}$.

Giá trị của a và b phụ thuộc vào tỷ số đường kính của bể và cánh khuấy và dạng của cánh khuấy, a và b được xác định bằng thực nghiệm. Công suất tiêu tốn sẽ là:

$$N = A.\rho.n^3.d^5.\left(\frac{n^2 d\rho}{g}\right)^{(a-\lg Re_k)/b}$$

Một vài số liệu của a và b (theo Ruston):

Kiểu cánh khuấy	D/d	a	b
Loại chân vịt	2,1	2,6	18
	2,7	2,3	18
	3,0	2,1	18
	3,3	1,7	18
	4,5	0	18
Loại tuôcbin sáu cánh	3,3	1,0	40
	3,0	1,0	40



Hình IV.12. $Eu_k = f(Re_k)$ **cho 12 kiểu cánh khuấy ở hình IV.13**

(Ở đây $Re_k = \dfrac{nd^2\rho}{\mu}$ và : $Eu_k = \dfrac{N}{d^5 n^3 \rho}$)

Nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu và tìm ra được một vài giá trị của A và m cho từng loại cánh khuấy với những kích thước khác nhau. Kafarov đã dùng những phương trình tính toán của Romankov và Pavolusenco cũng như kết quả thí nghiệm của một vài tác giả để xác định quan hệ $Eu_k = f(Re_k)$ trên đồ thị (hình IV.12) cho 12 kiểu cánh khuấy (hình IV.13) đặt trong thúng khuấy có tường phẳng theo tỉ lệ kích thước hình học nhất định (H/d, D/d, S/d). Romankov và Pavolusenco đã xác định công suất tiêu tốn của cánh khuấy chân vịt và mái chèo có tỉ số hình học $D/d \approx H/d \approx 3$

$$Eu_k = 230\, Re_k^{-1,67} \text{ khi } Re_k < 50; \qquad \text{(IV.6)}$$

$$Eu_k = 0,845\, Re_k^{-0,05} \text{ khi } Re_k > 50; \qquad \text{(IV.6a)}$$

vậy

$$N = 230\rho^{-0,67}.\mu^{1,67}.n^{1,33}.d^{1,66}, \text{ kW}; \qquad \text{(IV.7)}$$

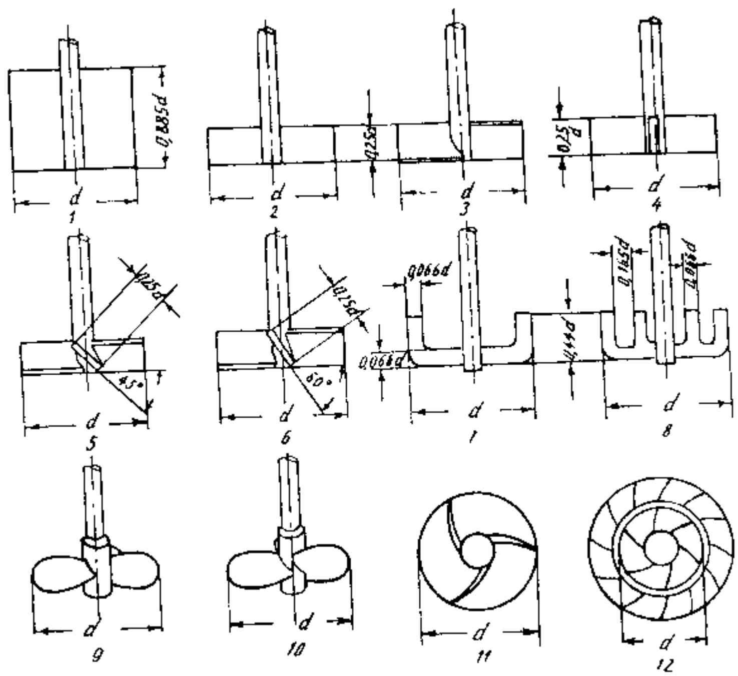
hoặc

$$N = 0,845\rho^{0,95}.\mu^{0,05}n^{2,95}.d^{4,9}, \text{ kW}. \qquad \text{(IV.7a)}$$

***Bảng IV.1.* Giá trị của *A* và *m* đối với những kiểu cánh khuấy khác nhau**

Số thứ tự theo hình IV.13	Loại cánh khuấy	Tỉ số hình học			Hằng số		Chuẩn số Re
		H/d	D/d	S/d	A	m	
1	Loại hai bản kiểu tấm với cánh thẳng đứng	2	2	0,36	111	−1,0	$Re < 20$
					14,35	−0,31	$Re = 10^2 \div 5.10^4$
2	Loại tương tự trên	3	3	0,33	6,8	−0,2	
3	Với góc nghiêng của bản 45°	3	3	0,33	4,05	−0,2	
4	Loại bốn bản kiểu tấm với cánh thẳng đứng	3	3	0,33	8,52	−0,2	
5	Với góc nghiêng của bản 45° (hướng lên)	3	3	0,33	5,05	−0,2	
	(hướng xuống)	3	3	0,33	4,42	−0,2	
6	Góc nghiêng của bản 60° (hướng lên)	3	3	0,50	6,30	−0,18	
7	Loại mỏ neo (chữ U) với hai bản	1,11	1,11	0,11	6,2	−0,25	
8	Loại mỏ neo ghép bốn bản	1,11	1,11	0,11	6,0	−0,25	
9	Loại chân vịt với hai cánh (góc nghiêng 22,5°)	3	3	0,33	0,985	−0,15	
10	Loại chân vịt với ba cánh (độ nghiêng d)	3,5	3,8	1	2,30	−0,67	$Re < 30$
					4,63	−0,35	$Re < 3.10^3$
					1,19	−0,15	$Re > 3,10^3$
11	Loại tuốcbin có ba cánh với cửa mở 37 mm	3	3	0,33	3,90	−0,2	
12	Loại tuốcbin có sáu cánh với vòng hướng chất lỏng	1,78	1,78	0,25	5,98	−0,15	

Đối với những loại cánh khuấy khác nhưng có cùng tỉ số hình học như hai loại trên người ta cũng có thể xác định công suất tiêu tốn qua công thức (IV.2) trên cơ sở những số liệu đã biết đã biết của bảng IV.1 (A và m) hoặc từ đồ thị IV.12 (A, m và Eu_k), nếu Re_k đã được xác định (bảng IV.1).



Hình IV.13. Các loại cánh khuấy

Đối với những loại cánh khuấy có tỉ số hình học khác thì người ta cũng có thể tiến hành tính toán tương tự, song phải nhân thêm với hệ số hiệu chỉnh f.

Hệ số f được xác định cho những trường hợp sau:

– loại bản kiểu tấm với:

$$(D/d = 2{,}5 - 4;\ H/D = 0{,}6 \ldots 1{,}6;\ h/d = \frac{1}{5} \ldots \frac{1}{3})$$

$$f = (D/3d)^{1,1}\ (H/d)^{0,6}\ (4h/d)^{0,3}; \qquad \text{(IV.9)}$$

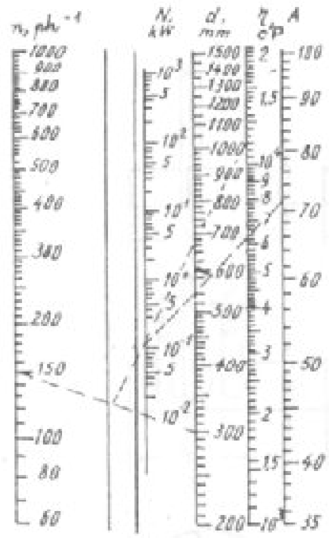
– loại chân vịt và tuốc bin:

$$f = (D/3d)^{0,93}\ (H/D)^{0,6} \qquad \text{(IV.10)}$$

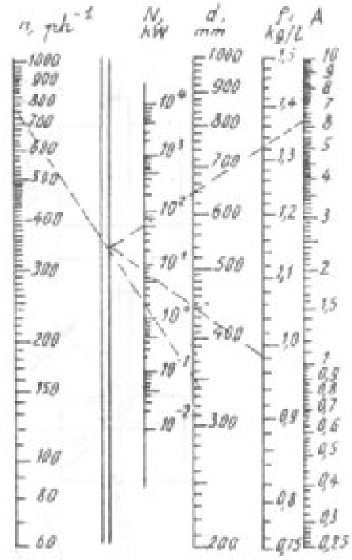
Ngoài ra dựa trên cơ sở những số liệu của các tác giả khác như Erdomengơ, Nêdơhactơ đã tìm ra được toán đồ để xác định công tiêu tốn. Toán đồ này thỏa mãn hai phương trình (IV.3) và (IV.4) cho chuyển động dòng và xoáy (hình IV.14, IV.14a).

Những giá trị A của từng loại cánh khuấy được biểu thị ở bảng IV.2. Nếu so sánh với giá trị A của V.V.Kafarov thì ta thấy phù hợp trong phạm vi chuyển động dòng, nếu có cùng tỉ số hình học (đồng dạng hình học), nhưng trong phạm vi chảy xoáy thì khác nhau, vì Kafarov không tính toàn bộ và đã bỏ qua ảnh hưởng của chuẩn số Fr.

Trong bảng có ký hiệu S là độ nghiêng (là đoạn đường mà chất lỏng có chuyển động không ma sát theo phương chiều trục có thể đạt được, nếu cánh quay được 360°). Ở những chỗ chưa xác định được A thì người ta tiến hành xác định bằng thực nghiệm.



Hình IV.14. **Toán đồ của phương trình (IV.3)**



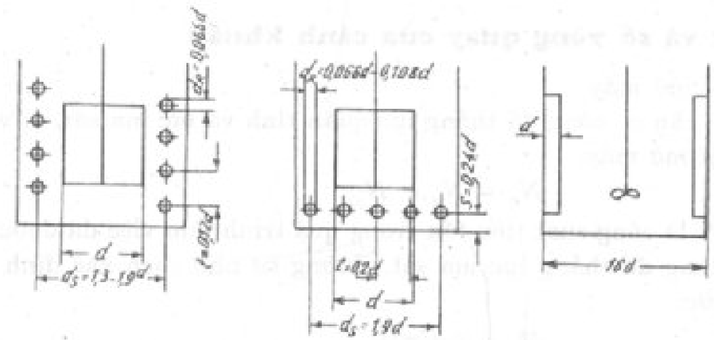
Hình IV.14a. **Toán đồ của phương trình (IV.4)**

Bảng IV.2. **Giá trị của hệ số** ***A*** **để xác định công suất tiêu tốn cho từng loại cánh khuấy bằng toán đồ của Erđơmengơ, Nêđơhactơ**

Loại cánh khuấy	Đặc tính	Phạm vi chảy dòng	Phạm vi chảy xoáy với bốn thanh ngắn	
		A	bề rộng thanh hay cánh	*A*
Loại chân vịt	ba cánh $S = d$	41	0,05 D	0,36
	" $S = 1{,}5d$	–	0,1 D	0,62
	" $S = 2d$	44	0,1 D	1,0
	" $S = 2{,}5d$	–	0,1 D	1,35
Loại tuôcbin thấp	ba cánh	49	0,1 D	3,4
	bốn cánh	–	0,1 D	4,4
	sáu cánh	71	0,08 D	6,0
	"	–	0,1 D	6,2
	"	–	0,17 D	6,4
	tám cánh	73	0,1 D	7,8
	10 cánh	74,5	0,1 D	8,7
	12 cánh	–	0,1 D	10,0
Tuôcbin thường	sáu cánh cong	69	0,1 D	4,8
	sáu cánh hình tên	72	0,1 D	3,9
	sáu cánh với vòng quay	97	0,1 D	1,1
	20 cánh có vòng chắn	170	0,1 D	1,1
Tuôcbin quạt	sáu cánh với góc 45°	64	0,1 D	1,5
	tám cánh với góc 45°	71	0,1 D	1,65
Loại tấm (bản)	hai tấm	36	0,08 D	1,77
	"	–	0,1 D	1,95
	"	–	0,15 D	2,10

Ngoài ra ta biết rằng cấu tạo thành thùng và những kết cấu khác trong thùng (thanh ngăn, vòng chắn, ống truyền nhiệt...) có ảnh hưởng đến công suất tiêu tốn. Ví dụ như một ống nhiệt kế hoặc một ống thẳng đứng bất kỳ đặt trong thùng làm công suất tăng tới 20 - 30%. Nếu thùng khuấy có lắp ống truyền nhiệt thì công suất tăng gấp 2 đến 3 lần.

V. V. Kafarov đã xác định được chuẩn số Eu_k cho cánh khuấy loại tấm (hai bản) được đặt trong bể chứa có lắp ống truyền nhiệt có tỉ số hình học ($H = D = d$; $S/d = 0{,}36$) (hình IV.15).



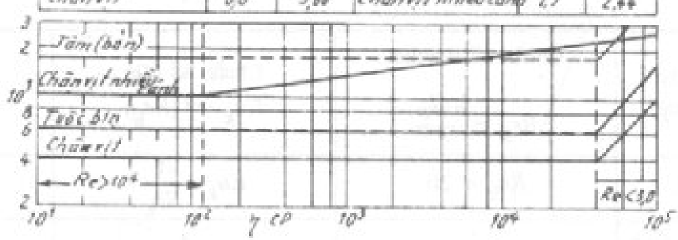
Hình IV.15. **Cánh khuấy trong thùng khuấy có ống xoắn và thanh chắn**

$$Eu_k = \frac{160}{Re_K} \text{ khi } Re_k < 50;$$

$$Eu_k = \frac{7{,}1}{Re_k} \text{ khi } 50 < Re_k < 5.10^4;$$

$$Eu_k = 1{,}7 \text{ khi } Re_k > 5.10^4.$$

Kiểu cánh khuấy	d,m	n, s⁻¹	Kiểu cánh khuấy	d,m	n, s⁻¹
Tấm (bản)	1,0	1,2	Tuốc bin	0,5	8,85
Chân vịt	0,8	3,66	Chân vịt nhiều cánh	1,7	2,44



Hình IV.16. **Công suất *N* là hàm số của độ nhớt khi thời gian khuấy trộn như nhau, D = 2m**

Nếu dùng thanh chắn thì các giá trị có thể được xác định qua toán đồ của Erdơmengơ. Loại cánh khuấy kiểu chân vịt có thanh chắn đặt trong thùng khuấy:

$$Eu_k = 0{,}68 \text{ khi } Re_k > 25.10^4.$$

Riêng đối với loại cánh khuấy kiểu tuôcbin ba cánh thì công suất tiêu tốn được xác định:

$$N = \frac{\Phi_T}{125{,}8} d^{4{,}7} n^3 h . \rho \eta' \text{ , kW;} \qquad \text{(IV.11)}$$

trong đó Φ_T- hệ số trở lực; ρ- khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m^3; $\eta' = 1$, nếu $\mu = 1$ ... 100 cP; $\eta' = 0{,}5\mu^{0.15}$ với $\mu = 10^2$ ... 10^5 cP; h- bề rộng cánh khuấy, m; d- đường kính cánh khuấy, m; n- số vòng quay, 1/s.

Sự phụ thuộc giữa công suất tiêu tốn và độ nhớt của chất lỏng với vài loại cánh khuấy được biểu thị ở hình IV.16.

§3. Công suất và số vòng quay của cánh khuấy

5. Công suất mở máy

Khi mở máy cần có công để thắng lực quán tính và lực ma sát, vì vậy người ta biểu thị công suất khi mở máy:

$$N_c = N_g + N_m; \qquad \text{(IV.12)}$$

trong đó $N_m = N$ là công suất tiêu tốn trong quá trình làm việc đã được xác định ở trên, công suất này dùng để thắng lực ma sát. Tương tự như cách xác định N người ta tính N_g theo công thức:

$$N_g = K.d^5 n^3 \rho \qquad \text{(IV.13)}$$

Thay giá trị của N từ công thức (IV.2) vào công thức (IV.12), ta có:

$$N_c = N_g + N = N \frac{K + \xi_K}{\xi_K} \qquad \text{(IV.14)}$$

Dựa vào N_c để chọn động cơ điện. Công suất động cơ điện được xác địnhm như sau:

$$N_{dc} = N_c / \eta; \qquad \text{(IV.15)}$$

η- hiệu suất (khả năng truyền lực từ động cơ sang cánh khuấy) thường chọn $\eta \approx 0{,}6 \div 0{,}7$.

6. Chọn số vòng quay cho thích hợp là một việc rất khó và có ý nghĩa, vì thực tế cho thấy rằng hiệu suất khuấy và công suất tiêu tốn phụ thuộc rất nhiều vào số vòng quay n. Theo phương trình công suất thì n có lũy thừa hai hoặc ba đối với công suất tiêu tốn. Quan hệ giữa số vòng quay ngoài thực tế và trong phòng thí nghiệm được xác định qua bảng IV.3.

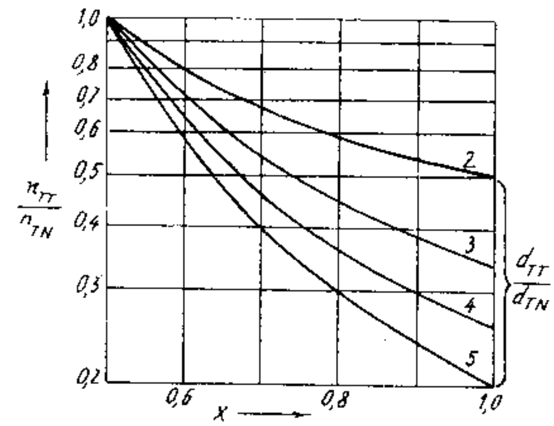
Bảng IV.3. **Quan hệ giữa n_{TN} và n_{TT} trong phạm vi thay đổi chế độ chuyển động đã biết**

Tính chất của dòng (chế độ chuyển động)	Chuẩn số Râynôn $Re_k = \frac{nd^2\rho}{\mu}$	Chuẩn số Ole $Eu_k = f(Re_k)$	Số vòng quay $n_{TT} = n_{TN}$
Chuyển động dòng	$Re_k < 20$	$Eu_k = \frac{A}{Re_k}$	$n_{TT} = n_{TN}$
Chuyển động xoáy (ảnh hưởng độ nhớt lớn)	$30 < Re_k < 7.10^4$	$Eu_k = \frac{A}{\sqrt[4]{Re_k}}$	$n_{TT} = n_{TN} \left(\frac{d_{TN}}{d_{TN}}\right)^{6/11}$
Chuyển động xoáy (ảnh hưởng độ nhớt rất nhỏ)	$Re_k > 7.10^4$	$Eu_k = A$	$n_{TT} = n_{TN} \left(\frac{d_{TN}}{d_{TN}}\right)^{2/3}$

Một cách tổng quát, kết quả của bảng trên có thể dẫn đến quan hệ như sau:

$$\frac{n_{TT}}{n_{TN}} = \left(\frac{d_{TN}}{d_{TT}}\right)^{(2x-1)/x}$$

với tỉ số $d_{TT}/d_{TN} = 2 \div 5$ thì Rustôn đã tìm thấy sự phụ thuộc của n_{TT}/n_{TN} vào X bằng thực nghiệm được biểu thị ở hình IV.17.



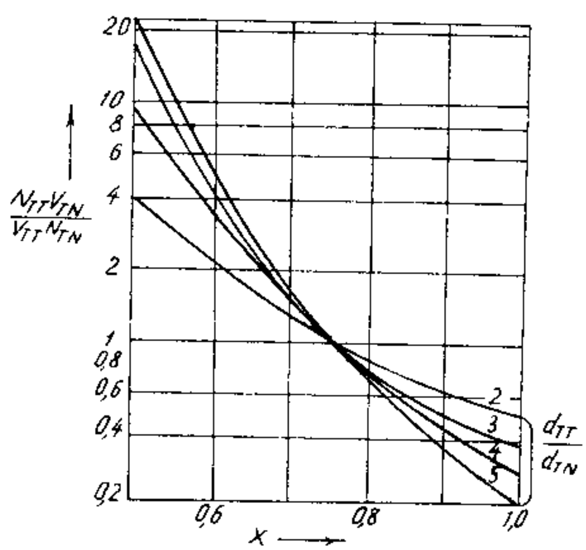
Hình IV.17. Quan hệ $\frac{n_{TT}}{n_{TN}} = f(x, \frac{d_{TT}}{d_{TN}})$

Nếu xuất phát từ phương trình tính công suất người ta có quan hệ:

$$\frac{N_{TT}.V_{TN}}{V_{TT}.N_{TN}} = \left(\frac{d_{TT}}{d_{TN}}\right)^{2-3\frac{2x-1}{x}}$$

Hình IV.18 biểu thị quan hệ này. Ký hiệu *TT* - thực tế, *TN*- thí nghiệm; *V*- thể tích thùng khuấy.

Biết rằng, x là đại lượng phụ thuộc rất nhiều yếu tố như chế độ chuyển động, dạng cánh khuấy, kích thước, chiều dài cánh khuấy và cả những dụng cụ phụ đặt trong thùng khuấy. Theo Buxê thì x = 0,75 (bảng IV.3). Qua thực nghiệm ta thấy rằng công suất trên một đơn vị thể tích ở $x > 0,75$ phải nhỏ hơn giá trị đo được bằng thí nghiệm, đặc biệt với tỉ số d_{TT}/d_{TN}



Hình IV.18. Quan hệ $\frac{N_{TT}V_{TN}}{V_{TN}N_{TN}} = f(x, \frac{d_{TT}}{d_{TN}})$

càng lớn thì sự khác biệt này càng rõ ràng. Trong nhiều trường hợp của quá trình truyền nhiệt và chuyển khối như hòa tan muối, hòa khí trong lòng, trộn hai chất lỏng với nhau v.v. thường giá trị x nằm trong khoảng 0,60 ÷ 0,80.

Qua thực tế sản xuất người ta đã xác định được công suất tiêu tốn và số vòng quay của từng loại cánh khuấy trong một vài môi trường nhất định (các bảng từ IV.4 đến IV.9).

Bảng IV.4. **Cánh khuấy mái chèo**

Đặc trưng của môi trường khuấy: trong thiết bị không có tấm chắn với $\mu = 10^{-3} \div 3000.10^{-3}$ Ns/m^2, $\rho = 800 \div 1900$ kg/m^3; trong thiết bị có tấm chắn với $\mu = 10^{-3}$ Ns/m^2; $\rho = 1900$ kg/m^3

Đường kính cánh khuấy d, mm	Số vòng quay, vg/s		Công suất tiêu tốn, kW	
	không có tấm chắn	có tấm chắn	không có tấm chắn	có tấm chắn
700	1,5	0,58 – 1,5	0,01 – 0,43	0,71
850	1,5	0,58 – 1,5	0,02 – 0,98	0,87
1000	1,16	0,48 – 1,16	0,02 – 1,00	1,92
1250	0,97	0,37 – 0,97	0,02 – 1,82	3,4
1600	0,77	0,30 – 0,77	0,04 – 2,82	5,9
1900	0,58	0,23 – 0,58	0,04 – 2,76	5,0
2240	0,58	0,18 – 0,58	0,05 – 5,88	13,7
2650	0,48	0,18 – 0,48	0,11 – 7,52	17,8

Bảng IV.5. **Cánh khuấy loại tấm (bản)**

Đặc trưng của môi trường khuấy: $\mu = (1 \div 50)10^{-3}$ Ns/m^2; $\rho = 800 \div 1900$ kg/m^3

Đường kính cánh khuấy d, mm	Số vòng quay, vg/s		Công suất tiêu tốn, kW	
	không có tấm chắn	có tấm chắn	không có tấm chắn	có tấm chắn
500	0,77	0,48 – 0,97	0,01 – 0,05	0,17
630	0,77	0,48 – 0,97	0,01 – 0,13	0,52
800	0,77	0,48 – 0,97	0,02 – 0,36	1,72
1000	0,77	0,48 – 0,97	0,05 – 0,83	5,3
1250	0,77	0,48 – 0,97	0,13 – 2,6	16,2
1500	0,77	0,48 – 0,97	0,33 – 5,3	40,0
1800	0,48	0,48 – 0,80	0,95 – 10,75	28,0

Bảng IV.6. Cánh khuấy mỏ neo

Đặc trưng của môi trường khuấy $\mu = 10^{-3} \div 10$ $N.s/m^2$; $\rho = 800 \div 1900$ kg/m^3

Đường kính cánh khuấy *d*, mm	Số vòng quay *n*, vg/s	Công suất *N*, kW	Đường kính cánh khuấy *d*, mm	Số vòng quay *n*, vg/s	Công suất *N*, kW
800	0,3–0,97	0,01–1,43	1700	0,3–0,58	0,09–6,95
950	0,3–0,97	0,01–2,34	2000 (1)	0,3–0,77	0,2–16,3
1060	0,3–0,97	0,01–3,02	2120	0,3–0,77	0,27–10,4
1120	0,3–0,97	0,01–4,3	2240	0,3–0,77	0,35–26,6
1250	0,3–0,77	0,02–3,68	2360	0,3–0,58	0,46–15,4
1320	0,3–0,77	0,03–4,82	2500	0,3–0,58	0,61–19,9
1400	0,3–0,77	0,03–6,3	2650	0,3–0,48	0,82–15,5
1500	0,3–0,80	0,05–8,6	2800	0,3–0,48	1,07–20,0
1600	0,3–0,77	0,07–11,9			

Chú thích: 1) số liệu khi $d \geq 2000$ mm là thuộc loại cánh khuấy mỏ neo có thanh nối ngang

Bảng IV.7. Cánh khuấy hình khung

Đặc trưng của môi trường khuấy: $\mu = 10^{-3} \div 40$ $N.s/m^2$; $\rho = 800 \div 1900$ kg/m^3

Đường kính cánh khuấy *d*, mm	Số vòng quay *n*, vg/s	Công suất *N*, kW	Đường kính cánh khuấy *d*, mm	Số vòng quay *n*, vg/s	Công suất *N*, kW
800	0,3–1,5	0,01–4,65	1700	0,3–0,97	0,09–32,7
950	0,3–1,5	0,01–9,55	2000	0,3–0,77	0,20–37,5
1060	0,3–1,5	0,01–14,1	2120	0,3–0,77	0,27–55,5
1120	0,3–1,5	0,01–17,8	2240	0,3–0,77	0,35–63,8
1250	0,3–1,5	0,02–27,9	2360	0,3–0,58	0,46–32,6
1320	0,3–1,16	0,03–19,0	2500	0,3–0,58	0,61–61,5
1400	0,3–1,16	0,04–22,9	2650	0,3–0,48	0,82–43,2
1500	0,3–1,16	0,05–32,5	2800	0,3–0,48	1,1–54,5
1600	0,3–1,16	0,07–43,0			

Bảng IV.8. Cánh khuấy tuôcbin

Đặc trưng của môi trường khuấy: khối lượng riêng $\rho = 800 \div 1900$ kg/m^3; thiết bị không có thanh chắn với $\mu = 10^{-3} \div 4$ $N.s/m^2$, thiết bị có thanh chắn với $\mu = 10^{-3}$ $N.s/m^2$

Đường kính cánh khuấy *d*, mm	Tuôcbin kiểu kín					
	Số vòng quay *n*, vg/s	Công suất *N*, kW		Số vòng quay *n*, vg/s	Công suất *N*, kW	
		không có thanh chắn	có thanh chắn		không có thanh chắn	có thanh chắn
300	3,0–10,5	0,06–8,56	5,75	3,0–6,67	0,6–5,8	8,45
400	3,0–6,67	0,24–8,0	12,5	3,0–6,67	0,24–10,5	10,5
500	3,0–6,3	0,75–21,1	33,0	3,0–6,3	0,7–27,0	33,6
600	2,0–4,5	0,95–17,7	29,5	2,0–4,5	0,5–24,3	23,8
700	2,0–4,5	2,12–37,8	18,7	2,0–4,5	1,5–45,4	48,5
800	2,0–4,5	2,46–83,4	37,2	2,0–3,0	2,1–26,7	30,5
900	2,0–10,5	2,96–36,6	20,1	2,0–3,0	3,9–49,1	55,6
1000	2,0–10,5	3,6–51,5	33,5	2,0–3,0	6,0–76,6	93,8

Bảng IV.9. **Cánh khuấy chân vịt**

Đặc trưng của một trường khuấy: $\mu = 10^{-3} \div 4 Ns/m^2$; $\rho = 800 \div 1900\ kg/m^3$

Đường kính cánh khuấy d, mm	Số vòng quay n, vg/s		Công suất N, kW	
	không có thanh chắn	có thanh chắn	không có thanh chắn	có thanh chắn
300	16,7	4,5 – 16,7	0,04 – 6,05	7,0
400	10,5	4,5 – 10,5	0,17 – 6,3	7,4
500	10,5	3,0 – 10,5	0,16 – 17,2	21,8
600	8,33	3,0 – 8,33	0,67 – 23,2	28,4
700	6,67	3,0 – 6,67	0,40 – 27,0	31,6
800	6,3	3,0 – 6,3	1,8 – 45,0	52,1
900	4,5	2,0 – 4,5	0,96 – 28,1	34,2
1000	4,5	2,0 – 4,5	1,60 – 46,5	56,8

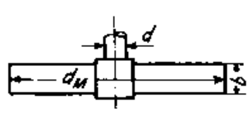
7. Số liệu để so sánh cường độ và hiệu suất của các loại cánh khuấy với cánh khuấy chân vịt cho ở bảng IV.10

Bảng IV.10. **Số liệu so sánh cường độ và hiệu suất các loại cánh khuấy**

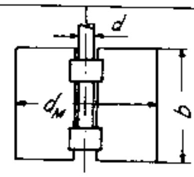
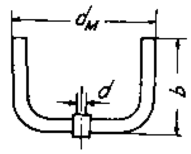
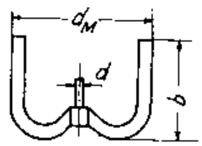
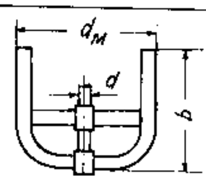
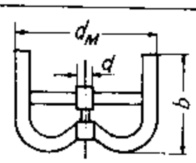
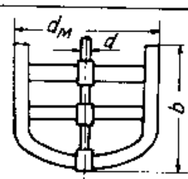
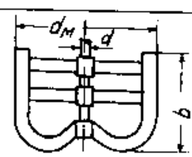
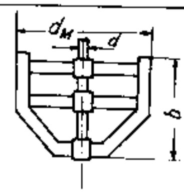
(lấy cánh khuấy chân vịt có đường kính thiết bị D làm tiêu chuẩn)

Loại cánh khuấy	D/d	Tỉ số cường độ	Chỉ số hiệu suất
Tuôcbin kín	3 – 4	0,51	1,00
Tuôcbin hở	3 – 4	0,76	0,94
Chân vịt có vòng	3 – 4	0,76	0.88
Loại tấm (bản)	2	0,86	0,14
Chân vịt	3 – 4	1,00	1,00
Mái chèo	1,5	1,58	0,14
Mỏ neo	1,15	1,78	0,78

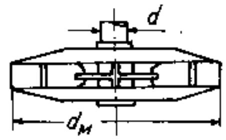
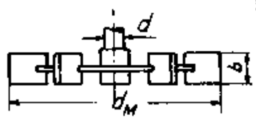
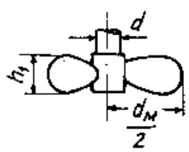
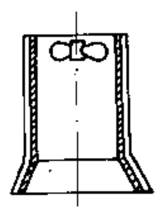
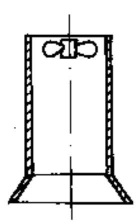
Bảng IV.11. **Các loại cánh khuấy chủ yếu và phạm vi ứng dụng của chúng**

Loại cánh khuấy	Sơ đồ	Dung tích thùng khuấy, m^3	Độ nhớt $\mu.10^3$ Ns/m^2	Tốc độ vòng, m/s	Phạm vi ứng dụng
1	2	3	4	5	6
Mái chèo		1 – 50	1 – 500 500 – 3000	1,5 – 5,0 1,5 – 3,2	Khuấy các chất lỏng hòa tan nhau; tạo nhũ tương thô, tạo trạng thái lơ lửng của rắn trong lỏng với nồng độ rắn nhỏ hơn 90%; hòa tan chậm các tinh thể, cân bằng nhiệt độ, khuấy khi kết tinh; chống lắng cặn

Tiếp bảng IV.11

1	2	3	4	5	6
Loại tấm (bản)		1–50	1–50	0,5–5,0	Hòa tan các chất lỏng có độ nhớt bé; tạo trạng thái lơ lửng của hạt rắn; hòa tan các tinh thể; tăng cường truyền nhiệt
Mỏ neo		1–10	1–10000	0,5–4,0	Khuấy chất lỏng nhớt và nặng, tăng cường quá trình nhiệt, ngăn cản quá trình kết tủa và lắng cặn ở thành và đáy; tạo trạng thái lơ lửng của rắn trong môi trường nhớt
		1–10	1–10000	0,5–4,0	
		10–50	1–10000	0,5–4,0	
		10–50	1–10000	0,5–4,0	
Khung		1–50	1–1000	0,8–7,0	Khuấy chất lỏng nhớt và nặng, tăng cường quá trình nhiệt; ngăn cản quá trình kết tủa và lắng cặn trên thành và đáy, tạo trạng thái lơ lửng của rắn trong môi trường nhớt
		1–50	1–10000 10000–40000	0,8–7,0 0,8–4,0	
		1,0–12,5	1–10000 10000–40000	0,8–7,0 0,8–4,0	

Tiếp bảng IV.11

1	2	3	4	5	6
Tuốcbin kín		1–50	2–1000 1000–25000	2,5–12,0 2,5–7,0	Hòa tan và tạo nhũ tương tạo trạng thái lơ lửng của tinh thể rắn có nồng độ nhỏ hơn 80%, của vật liệu sợi có nồng độ nhỏ hơn 5%; tăng cường quá trình truyền nhiệt; hòa tan khí trong lỏng và khuấy trộn trong trích ly
Tuốcbin hở		1–50	1–10000 10000–40000	2,5–10,0 2,5–7,0	Tương tự như ở tuốcbin kín và được dùng để khuấy chất lỏng phi Niutơn
Chân vịt		1–50	1–100 100–4000	3,8–16,0 3,8–10,0	Hòa tan, tạo nhũ tương; tạo trạng thái lơ lửng của hạt rắn có nồng độ nhỏ hơn 50%; trạng thái lơ lửng của vật liệu sợi; tăng cường quá trình truyền nhiệt; cân bằng nhiệt độ; khuấy trộn bùn khi nồng độ rắn nhỏ hơn 10% và kích thước nhỏ hơn 0,1 mm
Chân vịt có ống định hướng		1–50	1–100 1–40000	3,8-16,0 3,8–10,0	
Chân vịt có ống định hướng tháo được		1–50	100–40000	3,8–10,0	

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3

PHẦN THỨ NHẤT

Chương I. **Những tính chất lý hóa cơ bản của một số chất**

§ 1. Khối lượng riêng và thể tích riêng	5
§ 2. Độ nhớt	82
§ 3. Hệ số dẫn nhiệt	122
§ 4. Nhiệt dung riêng	151
§ 5. Nhiệt độ và nhiệt lượng riêng của sự dịch pha	206
§ 6. Nhiệt hòa tan	262
§ 7. Độ hòa tan	264
§ 8. Hệ số giãn dài và hệ số giãn nở thể tích	280
§ 9. Hệ số chịu nén của chất lỏng và chất khí	285
§ 10. Sức căng bề mặt	299
§ 11. Tính chất lý hóa của một số chất ở áp suất khí quyển	310
§ 12. Bảng đơn vị đo lường	357

PHẦN THỨ HAI

CÁC QUÁ TRÌNH THỦY LỰC

Chương II. **Thủy động lực học**

I. *Các chuẩn số đồng dạng về thủy động lực học*	359
II. *Sự chuyển động của chất lỏng và chất khí*	359
§ 1. Chế độ chuyển động	359
§ 2. Sự phân bố tốc độ của dòng ổn định đẳng nhiệt	361
§ 3. Tốc độ và lưu lượng của chất khí bị nén	361
§ 4. Tốc độ và lưu lượng của chất lỏng không bị nén chảy trong ống dẫn hay máng	367
§ 5. Xác định đường kính ống dẫn khi biết lưu lượng và tốc độ	369
§ 6. Tốc độ và lưu lượng của chất lỏng không bị nén chảy qua lỗ ở đáy bình hay thành bình khi mức chất lỏng trong bình và áp suất p_1, p_2 không đổi	370
§ 7. Tốc độ và lưu lượng của chất lỏng không bị nén chảy qua vòi	372
§ 8. Thời gian chảy cạn bình	374
III. *Sức cản thủy lực*	376
§ 1. Áp suất	376
§ 2. Hệ số ma sát	377
§ 3. Hệ số trở lực cục bộ	381
§ 4. Sức cản thủy lực của chùm ống	404

IV. *Chất lỏng phi Niutơn* 404
§ 1. Khái niệm 404
§ 2. Đặc trưng của chất lỏng phi Niutơn 405
§ Sự chảy của chất lỏng phi Niutơn trong ống tròn 406
V. *Thủy động lực lọc của lớp hạt* 407
A. Lắng dưới tác dụng của trường trọng lực 407
§ 1. Lắng tự do của hạt rắn hình cầu 407
§ 2. Lắng tự do của hạt rắn không phải hình cầu 410
§ 3. Quá trình lắng chen nhau của hạt rắn 412
B. Lắng dưới tác dụng của lực ly tâm 412
C. Sự chuyển động của khí, hơi hay chất lỏng qua lớp vật liệu hạt 414
§ 1. Lớp hạt không chuyển động 414
§ 2. Lớp vật liệu đặc chuyển động 417
§ 3. Lớp vật liệu ở trạng thái lỏng giả (tầng sôi) 419
D. Vận chuyển bằng khí 426
§ 1. Vận chuyển bằng khí trong ống thẳng đứng 426
§ 2. Phương pháp tính thiết bị vận chuyển bằng khí 429
VI. *Vận chuyển chất lỏng. Bơm* 437
§ 1. Một số khái niệm 437
§ 2. Bơm pittông 437
§ 3. Bơm ly tâm 440
§ 4. Bơm xoáy lốc 442
§ 5. Bơm răng khía 442
§ 6. Bơm vít xoắn 442
§ 7. So sánh và sử dụng các loại bơm 443
VII. *Vận chuyển và nén khí* 454
A. Quạt ly tâm 454
§ 1. Những đặc trưng của quạt 454
§ 2. Vấn đề khí động lực học của quạt 455
§ 3. Xác định các kích thước cơ bản của quạt ly tâm 457
§ 4. Đặc tuyến của quạt và công thức chuyển đặc tuyến 458
§ 5. Ký hiệu quạt 460
§ 6. Độ bền của quạt 462
§ 7. Chỉ dẫn chọn quạt 462
B. Máy nén 464
§ 1. Phân loại máy xén. Cách xác định công và công suất 464
§ 2. Máy nén ly tâm 466
§ 3. Máy nén pittông 470
§ 4. Máy nén rôto 472
§ 5. Máy nén hướng trục 473
§ 6. Máy nén khí kiểu bơm tia (êgiectơ) 478
§ 7. Bơm chân không vòng nước 480
§ 8. Bảng tra quạt, bơm chân không và máy nén (kích thước và đặc tính) 480

Chương III. **Phân riêng hệ không đồng nhất**
I. *Phân riêng hệ khí không đồng nhất* 516
§ 1. Phân loại 516
§ 2. Tính toán công nghệ 517
§ 3. Tính toán phòng lắng bụi một tầng 518
§ 4. Tính toán phòng lắng bụi nhiều tầng 518
§ 5. Tính toán xiclôn 519
§ 6. Tính toán xiclôn theo phương pháp chọn 522
§ 7. Xiclôn đơn 522
§ 8. Xiclôn tổ hợp 526
§ 9. Hiệu suất làm sạch của xiclôn đơn 530
§ 10. Hiệu suất làm sạch của xiclôn tổ hợp 535
§ 11. Sức cản thủy lực của xiclôn 536
§ 12. Trình tự tính toán xiclôn 537
§ 13. Thiết bị làm sạch khí kiểu sủi bọt 538
§ 14. Hiệu suất làm sạch của thiết bị sủi bọt 544
§ 15. Thiết bị rửa khí dưới tác dụng của lực ly tâm 546
§ 16. Thiết bị phân riêng bằng phương pháp lọc (lọc tay áo) 547
§ 17. Làm sạch khí dưới tác dụng của điện trường 548
II. *Phân riêng hệ lỏng không đồng nhất* 550
A. Lắng dưới tác dụng của trường trọng lực 551
B. Lọc 557
§ 1. Các khái niệm cơ bản 557
§ 2. Công thức tính toán quá trình lọc 558
§ 3. Phương pháp và trình tự tính toán 560
§ 4. Cấu tạo thiết bị lọc 561
§ 5. Năng suất của máy lọc thùng quay 569
§ 6. Quá trình rửa bã 572
C. Ly tâm 577
§ 1. Lắng ly tâm 577
§ 2. Lọc ly tâm 584
§ 3. Cấu tạo máy ly tâm 585
D. Xiclôn lỏng 593
Chương IV. Khuấy trộn chất lỏng 610
§ 1. Khái niệm 610
§ 2. Xác định dạng cánh khuấy thích hợp nhất qua thực nghiệm 614
§ 3. Công suất và số vòng quay của cánh khuấy 622

Sổ tay

QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHỆ HÓA CHẤT

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN, TRA CỨU SỐ LIỆU VÀ THIẾT BỊ

TẬP 1

(Sửa chữa và tái bản lần thứ hai)

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS, TS TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập : NGUYỄN KIM ANH

Vẽ bìa : HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HƯNG ĐẠO - HÀ NỘI

6.6C7.1
KHKT-2006

In 1.000 cuốn, khổ 19x27 cm, tại Nhà in Hà Nội. Quyết định xuất bản số: 409-2006/CXB/24.1-33/KHKT ngày 23/5/2006. Số in: 303/1. In xong và nộp lưu chiểu tháng 8 năm 2006.

sổ tay qt và thiết bị cn hoá
1 006091 501326
105.000 VNĐ

8 935048 962305

Giá: 105.000đ